

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 3 月 10 日 (10.03.2005)

PCT

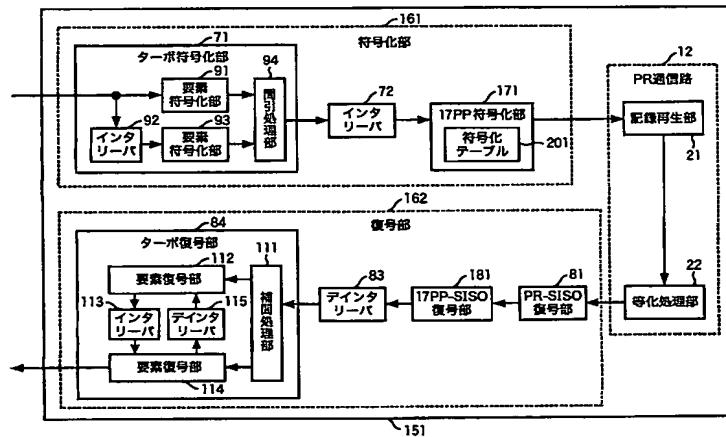
(10) 国際公開番号  
WO 2005/022756 A1

- (51) 国際特許分類: H03M 13/41, G11B 20/14, 20/18
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009877
- (22) 国際出願日: 2004 年 7 月 5 日 (05.07.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2003-303963 2003 年 8 月 28 日 (28.08.2003) JP  
特願 2003-355532 2003 年 10 月 15 日 (15.10.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 宮内 俊之 (MIYAUCHI, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 飯田 康博 (IIDA, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 篠原 雄二 (SHINOHARA, Yuji) [JP/JP]; 〒1410001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 稲本 義雄 (INAMOTO, Yoshio); 〒1600023 東京都新宿区西新宿 7 丁目 1 1 番 1 8 号 7 1 1 ビルディング 4 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: DECODING DEVICE AND METHOD, PROGRAM RECORDING MEDIUM, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 復号装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラム



- 161...ENCODING SECTION  
71...TURBO ENCODING SECTION  
92...INTERLEAVER  
91...ELEMENT ENCODING SECTION  
93...ELEMENT ENCODING SECTION  
94...THINNING PROCESSING SECTION  
72...INTERLEAVER  
171...17PP ENCODING SECTION  
201...ENCODING TABLE  
12...PR COMMUNICATION PATH  
21...RECORDING/REPRODUCTION SECTION  
22...EQUALIZATION PROCESSING SECTION  
162...DECODING SECTION  
84...TURBO DECODING SECTION  
112...ELEMENT DECODING SECTION  
113...INTERLEAVER  
115...DEINTERLEAVER  
114...ELEMENT DECODING SECTION  
111...INTERPOLATION PROCESSING SECTION  
83...DEINTERLEAVER  
181...17PP-SISO DECODING SECTION  
81...PR-SISO DECODING SECTION

(57) Abstract: There are provided a decoding device and method, a program recording medium, and a program capable of improving the performance of decoding of a modulated code which has been encoded according to a variable length table. A 17PP-SISO decoding section (181) uses the Viterbi decoding algorithm and the BCJR decoding algorithm according to the 17PP encoding table (201) and the trellis expression expressed by a path 1-to-1 corresponding to each state transition of the entire encoding process, thereby SISO-decoding the signal from a PR-SISO decoding section (81)

[続葉有]



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書・説明書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

and supplying the SISO-decoded signal to a turbo decoding section (84) via a deinterleaver (83). The turbo decoding section (84) executes turbo decoding processing for the output from the 17PP-SISO decoding section (181). The present invention can be applied to a recording/reproduction device for recording and reproducing a signal onto/from a recording medium such as a high-density optical disc.

(57) 要約: 本発明は、可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号の復号性能を向上することができるようにした復号装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラムに関する。17PP-SISO復号部181は、17PPの符号化テーブル201に基づいて、符号化過程全体の各状態遷移と1対1に対応したパスで表現されるトレリス表現に基づいて、ビタビ復号アルゴリズムやBCJR復号アルゴリズムを用いて、PR-SISO復号部81からの信号をSISO復号し、SISO復号された信号を、デインターリーバ83を介して、ターボ復号部84に供給する。ターボ復号部84は、17PP-SISO復号部181からの出力を対象に、ターボ復号処理を実行する。本発明は、高密度光ディスクなどの記録媒体に信号を記録し、再生する記録再生装置に適用できる。

## 明細書

## 復号装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラム

## 技術分野

- 5      本発明は、復号装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラムに関し、特に、可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号の復号性能を向上することができるようにした復号装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラムに関する。

## 10    背景技術

- 磁気ディスクや光ディスクなどの記録媒体に信号を記録する場合には、再生時に、読み出し信号の振幅制御およびクロック再生が正常に動作するように、予め変調符号化を行ってから記録を行う。そして、このような場合の再生には、例えば、再生信号が直前の信号の影響を受けるというメディア特性を考慮してもとの
- 15    波形を再生し、記録信号の特徴に基づいて、再生信号から最も確からしいデータを読み取る P R M L (Partial Response Maximum-Likelihood) などの再生処理が用いられる。

- 図 1 は、従来の P R M L による記録再生装置 1 の構成例を示している。記録再生装置 1 は、変調符号化部 1 1、P R 通信路 1 2、および復号部 1 3 により構成
- 20    される。

- 変調符号化部 1 1 は、入力された信号に対して、所定の制限を加えるための所定の変調符号の符号化テーブル 4 1 - 1 を有している。変調符号化部 1 1 は、入力された信号を、符号化テーブル 4 1 - 1 に基づいて、所定の変調符号に符号化し、信号に所定の制限を加えた符号化信号として、P R (Partial Response) 通
- 25    信路 1 2 に出力する。なお、制限としては、例えば、符号の 0, 1 の個数を充分長い範囲で均等にできる D C フリー制限や連続する 0 の個数の最小、最大長がそれぞれ  $d$ ,  $k$  となる ( $d$ ,  $k$ ) 制限などが用いられる。

P R 通信路 1 2 は、記録再生部 2 1 および等化処理部 2 2 により構成され、例えば、P R 2 (Partial Response class - 2 : パーシャルレスポンスクラス 2) の記録再生チャネルでの記録再生処理を行う。記録再生部 2 1 は、変調符号化部 1 1 から入力された符号化信号を、N R Z I (non return to zero Inverted) 符号化し、N R Z I 符号化された信号を装着された記録媒体または内蔵される記録媒体にマークエッジ記録 (Mark Edge Recording) 方法を用いて記録する。また、記録再生部 2 1 は、記録媒体に記録されている符号化信号を P R 2 チャネルで読み出して、読み出された符号化信号を、等化処理部 2 2 に供給する。等化処理部 2 2 は、供給された符号化信号に対して、所定の目標等化特性となるように、波形干渉を利用した P R 等化を施して、復号部 1 3 に供給する。

復号部 1 3 は、P R - ビタビ復号部 3 1 および変調復号部 3 2 により構成され、等化処理部 2 2 から供給された信号を復号処理する。P R - ビタビ復号部 3 1 は、P R 通信路 1 2 からの信号から、N R Z I 符号化および P R 2 チャネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められた N R Z I 符号化および P R 2 チャネルのトレリス表現に基づいて、ビタビ復号し、ビタビ復号された信号を変調復号部 3 2 に供給する。変調復号部 3 2 は、変調符号化部 1 1 が有する符号化テーブル 4 1 - 1 と同じ符号化テーブル 4 1 - 2 (なお、符号化テーブル 4 1 - 1 および 4 1 - 2 を、特に区別する必要がない場合、適宜、符号化テーブル 4 1 と称する) を有しており、P R - ビタビ復号部 3 1 から供給された信号を、符号化テーブル 4 1 に基づいて、変調復号し、変調復号された信号を図示せぬ後段に出力する。

一方、近年、通信や放送の用途で実用化が進んでいる高性能な誤り訂正符号のターボ (turbo) 符号や L D P C (Low Density Parity Check) 符号を、記録媒体の用途でも使用したいという要望が高まっている。上述した記録再生装置 1 に、例えば、ターボ符号を用いる場合には、変調符号化部 1 1 の前段にターボ符号化部が付加され、変調復号部 3 2 の後段に、ターボ符号を復号するためのターボ復号部が付加されるが、変調復号部 3 2 の後段に付加されるターボ復号部には、0,

1 だけの情報（硬情報）だけでなく、これらの硬情報がどの程度確からしいかの  
情報（軟情報（軟判定情報））を入力する必要がある。すなわち、ターボ符号や  
LDPC符号の復号部には、軟入力（Soft-Input）を与える必要がある。した  
がって、その前段の変調復号部 3 2 で変調符号を用いて復号する際に、その軟出  
5 力（Soft-Output）を求めなければならない。

通常、符号の軟出力を求める場合には、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表  
を時系列に沿って展開したトレリス表現を用いて、BCJR (Bahl-Cocke-Jeine  
k-Raviv) アルゴリズムやSOVA (Soft-Output Viterbi Algorithm) により  
求められるのが一般的である。なお、このトレリス表現は、入力される信号を畳  
10 み込み符号を用いて復号する場合には容易に可能であるが、非線形符号である変  
調符号を用いて復号する場合には、必ずしも容易ではない。ただし、近年の研究  
によって、変調符号であっても、例えば、光磁気ディスク（MO）を記録再生す  
る場合に用いられている（1，7）RL L (Run Length Limited) 符号 (Standar  
d ECMA (欧州計算機製造業者協定-195) のような単純な符号化テーブルを用いる  
15 符号に関しては、そのトレリス表現が可能であり、（1，7）RL L 符号を用い  
る変調復号部には、ターボ復号部を接続することができるが、“Turbo Deco  
ding with Run Length Limited Code for Optical Stage” (E. Yamada 他著、  
The Japan Society of Applied Physics、Vol. 41、第 1753 頁乃至第 1756  
頁、2002 年 3 月発行)（以下、非特許文献 1 と称する）に報告されている。  
20 ここで、RL L 符号とは、変調符号における“1”と“1”の間に挟まれた  
“0”の数が制限されている符号であり、“1”と“1”の間に挟まれた“0”  
の最小ランレングスを d、最大ランレングスを k として、(d，k) RL L と表  
現される。

図 2 は、ターボ符号を接続した従来の記録再生装置 5 1 の構成例を示している。  
25 図 2 の例においては、図 1 の変調符号化部 1 1 に代わって符号化部 6 1 が配置さ  
れ、復号部 1 3 に代わって復号部 6 2 が配置される。なお、図 1 および図 2 の説  
明は、後述する本発明の説明にも引用される。

符号化部 6 1 は、ターボ符号化部 7 1、インタリーバ 7 2 および R L L (Run Length Limited) 符号化部 7 3 により構成される。ターボ符号化部 7 1 は、要素符号化部 9 1、インタリーバ 9 2、要素符号化部 9 3 および間引処理部 9 4 により構成され、入力された信号をターボ符号化し、インタリーバ 7 2 に出力する。

- 5 外部からの信号は、要素符号化部 9 1 およびインタリーバ 9 2 に同時に入力される。要素符号化部 9 1 は、入力された信号から、パリティビット列 1 を生成し、間引処理部 9 4 に出力する。インタリーバ 9 2 は、要素符号化部 9 1 と同時に入力された信号の順序を並び替え、要素符号化部 9 3 に入力する。要素符号化部 9 3 は、インタリーバ 9 2 により並び替えられた信号から、パリティビット列 2 を
- 10 生成し、間引処理部 9 4 に出力する。間引処理部 9 4 は、パリティビット列 1 および 2 を間引きしながら、多重化することにより、ターボ符号化された信号を、インタリーバ 7 2 に出力する。

- インタリーバ 7 2 は、ターボ符号化部 7 1 より入力された信号の順序を並び替え、並び替えられた信号を R L L 符号化部 7 3 に出力する。P L L 符号化部 7 3
- 15 は、(1, 7) R L L の符号化テーブル 1 0 1 を有しており、R L L 符号化テーブル 1 0 1 に基づいて、インタリーバ 7 2 から入力された信号を (1, 7) R L L 符号化し、P R 通信路 1 2 に出力する。

- 復号部 6 2 は、P R - S I S O (Soft-Input Soft-Output) 復号部 8 1、R L L - S I S O 復号部 8 2、デインタリーバ 8 3 およびターボ復号部 8 4 により
- 20 構成され、等化処理部 2 2 から供給された信号を復号処理する。P R - S I S O 復号部 8 1 は、P R 通信路 1 2 からの信号から、N R Z I 符号化および P R 2 チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められた N R Z I 符号化および P R 2 チャンネルのトレリス表現に基づいて、S I S O (Soft-Input Soft-Output) 復号を実行し、
- 25 S I S O 復号された信号 (軟情報) を R L L - S I S O 復号部 8 2 に供給する。

R L L - S I S O 復号部 8 2 は、P L L 符号化部 7 3 が有する (1, 7) R L L の符号化テーブル 1 0 1 に基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を

時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められた (1, 7) RLL のトレリス表現に基づいて、PR-SISO 復号部 81 からの信号を SISO 復号し、SISO 復号された信号をデインタリーバ 83 に供給する。

ここで、図 3 および図 4 を参照して、(1, 7) RLL のトレリス表現を説明する。なお、図 3 は、(1, 7) RLL の状態遷移表の構成例を示しており、図 4 は、図 3 の状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現の例を示している。なお、図 3 の状態遷移表は、前時刻と現時刻の、ある 1 時刻分の符号化過程を表すものであり、(1, 7) RLL の符号化テーブル 101 に、「前時刻状態」および「現時刻状態」の状態情報を付加し、状態の遷移をわかりやすくしたものである。

図 3 の例においては、図中右側より順に、「前時刻状態」、「前時刻出力」、「前時刻入力」、「現時刻出力」、「現時刻入力」、および「現時刻状態」が示されている。また、上段から順に、「前時刻出力」が 0 で、「前時刻入力」が 0 0 である「前時刻状態」S0 の場合、「前時刻出力」が 0 で、「前時刻入力」が 0 1 である「前時刻状態」S1 の場合、「前時刻出力」が 0 で、「前時刻入力」が 1 0 である「前時刻状態」S2 の場合、「前時刻出力」が 0 で、「前時刻入力」が 1 1 である「前時刻状態」S3 の場合、「前時刻出力」が 1 で、「前時刻入力」が 0 0 である「前時刻状態」S4 の場合、および「前時刻出力」が 1 で、「前時刻入力」が 0 1 である「前時刻状態」S5 の場合が示されている。

一方、図 4 の例のトレリス表現においては、図中左側の円は、図 3 の「前時刻状態」を表し、矢印は、「前時刻状態」から「現時刻状態」への各状態の遷移を示す矢印であり、矢印に付加したラベルの斜線の前後のシンボルは、図 3 の「現時刻入力」と「現時刻出力」をそれぞれ示し、矢印の先にある図中右側の円が、図 3 の「現時刻状態」を示している。

したがって、図 3 および図 4 の例において、「前時刻状態」S0 の場合においては、「現時刻入力」00 が入力されると、「現時刻出力」001 が出力されて「現時刻状態」S4 になり、「現時刻入力」01 が入力されると、「現時刻出

力」 0 0 1 が出力されて「現時刻状態」 S 5 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力  
されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「現時刻状態」 S 2 になり、「現  
時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「現時刻状  
態」 S 3 になることが示されている。また、「前時刻状態」 S 1 の場合において

- 5 は、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて  
「現時刻状態」 S 4 になり、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出  
力」 0 0 1 が出力されて「現時刻状態」 S 5 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力  
されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「現時刻状態」 S 2 になり、「現  
時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「現時刻状  
10 態」 S 3 になることが示されている。

同様に、「前時刻状態」 S 2 の場合においては、「現時刻入力」 0 0 が入力さ  
れると、「現時刻出力」 1 0 1 が出力されて「現時刻状態」 S 4 になり、「現時  
刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 1 が出力されて「現時刻状  
態」 S 5 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が

- 15 出力されて「現時刻状態」 S 2 になり、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、  
「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「現時刻状態」 S 3 になることが示されてい  
る。また、「前時刻状態」 S 3 の場合においては、「現時刻入力」 0 0 が入力さ  
れると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「現時刻状態」 S 0 になり、「現時  
刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「現時刻状  
20 態」 S 1 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が  
出力されて「現時刻状態」 S 2 になり、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、  
「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「現時刻状態」 S 3 になることが示されてい  
る。

- 同様に、「前時刻状態」 S 4 の場合においては、「現時刻入力」 0 0 が入力さ  
25 れると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「現時刻状態」 S 4 になり、「現時  
刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「現時刻状  
態」 S 5 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が



出力されて「現時刻状態」S 2になり、「現時刻入力」1 1が入力されると、  
「現時刻出力」0 1 0が出力されて「現時刻状態」S 3になることが示されている。また、「前時刻状態」S 5の場合においては、「現時刻入力」0 0が入力されると、「現時刻出力」0 1 0が出力されて「現時刻状態」S 0になり、「現時刻入力」0 1が入力されると、「現時刻出力」0 0 0が出力されて「現時刻状態」S 1になり、「現時刻入力」1 0が入力されると、「現時刻出力」0 0 0が出力されて「現時刻状態」S 2になり、「現時刻入力」1 1が入力されると、「現時刻出力」0 0 0が出力されて「現時刻状態」S 3になることが示されている。

10 以上のように、(1, 7) R L Lのトレリス表現(状態遷移表)は、ある1時刻分の遷移する状態を状態S 0乃至状態S 5の6状態で示すことができ、各状態において、信号が入力されると、その入力信号に対して求められる信号は1つである。したがって、R L L-S I S O復号部8 2は、この(1, 7) R L Lのトレリス表現に基づいて、容易にS I S O復号することができる。

15 図2に戻って、R L L-S I S O復号部8 2は、S I S O復号された信号をデインタリーバ8 3に供給する。デインタリーバ8 3は、R L L-S I S O復号部8 2から供給された信号のインタリーバ7 2で実行された並べ替えを戻し、ターボ復号部8 4に出力する。

ターボ復号部8 4は、補間処理部1 1 1、要素復号部1 1 2、インタリーバ1  
20 1 3、要素復号部1 1 4およびデインタリーバ1 1 5により構成され、デインタリーバ8 3からの信号(軟情報)を、ターボ復号し、図示せぬ外部に出力する。補間処理部1 1 1は、デインタリーバ8 3からの信号を、補間処理し、要素復号部1 1 2および要素復号部1 1 4に出力する。要素復号部1 1 2は、補間処理部1 1 1からの信号をS I S O復号し、S I S O復号された信号とともに、信頼度  
25 情報をインタリーバ1 1 3を介して、要素復号部1 1 4に出力する。要素復号部1 1 4は、要素復号部1 1 2からの信頼度情報を用いて、補間処理部1 1 1からの信号をS I S O復号し、デインタリーバ1 1 5を介して、S I S O復号された

信号と信頼度情報を要素復号部 1 1 2 に出力する。そして、要素復号部 1 1 4 は、これらの処理が数回繰り返された後に、最終判定処理を行い、その結果を図示せぬ後段に出力する。

なお、図 2 の P R - S I S O 復号部 8 1、R L L - S I S O 復号部 8 2、要素  
5 復号部 1 1 2、および要素復号部 1 1 4 における S I S O 復号には、上述した B C J R アルゴリズムや S O V A などが用いられる。

以上のように、記録再生装置 5 1 においては、R L L - S I S O 復号部 8 2 に  
より (1, 7) R L L の符号化テーブル 1 0 1 に基づいて、(1, 7) R L L の  
トレリス表現が求められ、容易に軟情報が出力される。したがって、R L L - S  
10 I S O 復号部 8 2 の後段に、ターボ復号部 8 4 を接続することができる。

ところで、近年、例えば、高密度光ディスクを記録再生する場合に 1 7 P P  
(Parity Preserve/Prohibit RMTR (Repeated Minimum Transition Runlength)) 符号が用いられている。この 1 7 P P 符号においては、米国特許第 6,  
4 9 6, 5 4 1 B 1 号明細書に示されるように、複雑な可変長の符号化テーブ  
15 ルが用いられる。

しかしながら、この可変長の符号化テーブルでは、「入力」のビット長が、  
(1, 7) R L L 符号のような「0 0」や「0 1」の固定ビット長ではないため、  
例えば、「入力」0 0 に対して、「出力」が 1 通りとは限らない。したがって、  
上述した (1, 7) R L L 符号のように、この 1 7 P P 符号のような可変長の符号  
20 化テーブルを用いてトレリス表現を求めようとしても、入力のビット長が固定ビ  
ット長ではないため、1 7 P P 符号のトレリス表現を容易に求めることが困難で  
あり、また、仮に、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表をそのまま展開してト  
レリス表現を求めることができたとしても、全状態数が非常に多く、かなり複雑  
になるため、現実的には、1 7 P P のような可変長テーブルを有する変調符号を  
25 用いる S I S O 復号が困難であるといった課題があった。

#### 発明の開示

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、可変長テーブルに基

づいて符号化された変調符号の復号性能を向上することができるようにするものである。

本発明の復号装置は、変調符号を入力する符号入力手段と、符号入力手段により入力された変調符号の復号を行う復号手段とを備え、復号手段は、可変長テーブルに従って変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて変調符号の復号を行うことを特徴とする。

変調符号は、1 7 P P (Parity Preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition Runlength) 変調符号であるようにすることができる。

10 復号手段は、軟入力を用いて復号を行うようにすることができる。

復号手段は、軟判定ビタビアルゴリズムを用いて復号を行うようにすることができる。

復号手段は、軟出力復号を行うようにすることができる。

15 復号手段は、B C J R (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) アルゴリズムを用いて復号を行うようにすることができる。

復号手段は、S O V A (Soft-Output Viterbi Algorithm) を用いて復号を行うようにすることができる。

20 符号入力手段は、P R (Partial Response) 特性に等化された変調符号を入力し、復号手段は、P R 特性のトレリスおよび変調符号のトレリスを合成した合成トレリスに基づいて、変調符号の復号を行うようにすることができる。

25 本発明の復号方法は、変調符号を入力する符号入力ステップと、符号入力ステップの処理により入力された変調符号の復号を行う復号ステップとを含み、復号ステップの処理では、可変長テーブルに従って変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて変調符号の復号を行うことを特徴とする。

本発明のプログラム記録媒体に記録されているプログラムは、変調符号を入力する符号入力ステップと、符号入力ステップの処理により入力された変調符号の

復号を行う復号ステップとを含み、復号ステップの処理では、可変長テーブルに従って変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて変調符号の復号を行うことを特徴とする。

5     本発明のプログラムは、変調符号を入力する符号入力ステップと、符号入力ステップの処理により入力された変調符号の復号を行う復号ステップとを含み、復号ステップの処理では、可変長テーブルに従って変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて変調符号の復号を行うことを特徴とする。

10    本発明においては、可変長テーブルに従って変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて、変調符号の復号が行われる。

復号装置は、独立した装置であってもよいし、記録再生装置の復号処理を行うブロックであってもよいし、通信装置の復号処理を行うブロックであってもよい。

15

#### 図面の簡単な説明

図1は、従来の記録再生装置の構成例を示すブロック図である。

図2は、従来の記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

図3は、図2の状態遷移表の構成例を示す図である。

20    図4は、図3の状態遷移表に対応するトレリス表現の構成例を示す図である。

図5は、本発明の記録再生装置の構成例を示すブロック図である。

図6は、図5の符号化テーブルの構成例を示す図である。

図7は、図6の符号化テーブルを展開した状態遷移表の構成例を示す図である。

図8は、図6の符号化テーブルを展開した状態遷移表の他の構成例を示す図で

25    ある。

図9は、図6の符号化テーブルを展開した状態遷移表のさらに他の構成例を示す図である。

図 10 は、図 7 乃至図 9 の状態遷移表に対応する領域対応表のトレリス表現の構成例を示す図である。

図 11 は、図 10 のトレリス表現の他の構成例を示す図である。

図 12 は、図 6 の符号化テーブルを展開した状態遷移表の他の構成例を示す図  
5 である。

図 13 は、図 6 の符号化テーブルを展開した状態遷移表の他の構成例を示す図である。

図 14 は、図 12 および図 13 の状態遷移表に対応する領域対応表のトレリス表現の構成例を示す図である。

10 図 15 は、図 5 の記録再生装置の記録処理を説明するフローチャートである。

図 16 は、図 5 の記録再生装置の再生処理を説明するフローチャートである。

図 17 は、図 16 のステップ S 24 の 17 P P の S I S O 復号処理を説明するフローチャートである。

図 18 は、従来の復号処理結果と、図 11 のトレリス表現に基づいて実行される復号処理結果とのビットエラーレートの比較について説明するための図である。  
15

図 19 は、本発明の記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

図 20 は、本発明の記録再生装置のさらに他の構成例を示すブロック図である。

図 21 は、図 5 の記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

図 22 は、17 P P 符号と P R 1 2 2 1 チャンネルの合成トレリス表現を表で表した状態遷移表の構成例を示す図である。  
20

図 23 は、17 P P 符号と P R 1 2 2 1 チャンネルの合成トレリス表現を表で表した状態遷移表の構成例を示す図である。

図 24 は、図 22 および図 23 の状態遷移表に対応する合成トレリス表現の構成例を示す図である。

25 図 25 は、図 24 の合成トレリス表現の出力一覧を示す図である。

図 26 は、図 21 の記録再生装置の再生処理を説明するフローチャートである。

図 27 は、図 5 の記録再生装置の復号処理結果と、図 21 の記録再生装置の復

号処理結果のビットエラーレートの比較について説明するための図である。

図 28 は、17PP 符号と PR121 チャネルの合成トレリス表現を表で表した状態遷移表の構成例を示す図である。

図 29 は、17PP 符号と PR121 チャネルの合成トレリス表現を表で表した状態遷移表の構成例を示す図である。

図 30 は、本発明の記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図を参照して本発明の実施の形態について説明する。

10 図 5 は、本発明を適用した記録再生装置 151 の構成例を表している。記録再生装置 151 は、変調符号として 17PP (Parity Preserve/Prohibit RMTR (Repeated Minimum Transition Runlength)) 符号を用いて、光ディスクなどの記録媒体に信号の記録再生を行う。なお、図 5 において、図 2 における場合と対応する部分には対応する符号を付してあり、その説明は繰り返しになるので  
15 適宜省略する。

すなわち、図 5 の記録再生装置 151 の符号化部 161 は、RL L 符号化部 73 に代わって 17PP 符号化部 171 が追加され、記録再生装置 151 の復号部 162 は、RL L-S I S O 復号部 82 に代わって 17PP-S I S O 復号部 181 が追加されている以外は、図 2 を参照して上述した記録再生装置 51 の符号  
20 化部 61 または復号部 62 と同様の構成を有している。

したがって、インタリーバ 72 は、ターボ符号化部 71 よりターボ符号化された信号の順序を並び替え、並び替えられた信号を 17PP 符号化部 171 に出力する。17PP 符号化部 171 は、図 6 に示されるような可変長の 17PP 符号の符号化テーブル 201 を有しており、17PP 符号の符号化テーブル 201 に  
25 基づいて、インタリーバ 72 から入力された信号を 17PP 符号化し、PR 通信路 12 に出力する。

図 6 は、17PP 符号の符号化テーブル 201 の構成例を示している。図 6 の

例の場合、17PP符号の符号化テーブル201は、通常用の符号化テーブル211、および置換え用の符号化テーブル212により構成される。

通常用の符号化テーブル211は、図中左より「入力ビット列」、「出力ビット列」、および「条件」により構成される。この「条件」は、最下段に示されている入力ビット列が「11」である場合のみ適用される条件である。

符号化テーブル211においては、上段より順に、「入力ビット列」が「00000000」であった場合、「出力ビット列」として、「010100100100100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「00001000」であった場合、「出力ビット列」として、「000100100100100」が出力されることが示されている。次に、「入力ビット列」が「00000000」であった場合、「出力ビット列」として、「0101000100100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「000001」であった場合、「出力ビット列」として、「010100100100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「000010」であった場合、「出力ビット列」として、「000100000」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「000011」であった場合、「出力ビット列」として、「000100100」が出力されることが示されている。

さらに、「入力ビット列」が「0001」であった場合、「出力ビット列」として、「000100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「0010」であった場合、「出力ビット列」として、「010100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「0011」であった場合、「出力ビット列」として、「010100」が出力されることが示されている。

また、「入力ビット列」が「01」であった場合、「出力ビット列」として、「010」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「10」であった場合、「出力ビット列」として、「001」が出力されることが示されている。そして、「入力ビット列」が「11」であった場合、「条件」として、「前時刻最終出力」が「1」であれば、「出力ビット列」として、「000」が出力され、

「条件」として、「前時刻最終出力」が「0」であれば、「出力ビット列」として、「1 0 1」が出力されることが示されている。

置換えの符号化テーブル2 1 2は、図中左側より、「置換え入力ビット列」、「置換え出力ビット列」、および「置換えの条件」により構成される。符号化テ  
5 ーブル2 1 2においては、「置換え入力ビット列」が「1 1 0 1 1 1」の場合で、かつ、「置換えの条件」が「次時刻出力ビット列」が「0 1 0」のとき、「置換え出力ビット列」として、「0 0 1 0 0 0 0 0 0」が出力されることが示されている。

すなわち、1 7 P P符号化部1 7 1においては、通常の場合、通常用の符号化  
10 テーブル2 1 1に基づいて、1 7 P P符号の符号化処理が行われるが、入力されるビット列が「1 1 0 1 1 1」で、次時刻の出力ビット列が、「0 1 0」の場合のみ、置換えの符号化テーブル2 1 2に基づいて、1 7 P P符号の符号化処理が行われる。

以上のように、符号化テーブル2 0 1においては、判断されるビット数が1乃  
15 至4のうちのいずれかのビット数であり、一定ではなく（すなわち、可変長であり）、符号化してみないと、符号化されるビット数は不明である。

図5に戻って、復号部1 6 2は、P R－S I S O復号部8 1、1 7 P P－S I  
S O復号部1 8 1、デインタリーバ8 3、およびターボ復号部8 4により構成される。P R－S I S O復号部8 1は、P R通信路1 2からの信号から、N R Z I  
20 符号化およびP R 2チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められたN R Z I符号化およびP R 2チャンネルのトレリス表現に基づいて、S I S O復号を実行し、S I S O復号された信号（軟情報）を1 7 P P－S I S O復号部1 8 1に供給する。

1 7 P P－S I S O復号部1 8 1は、1 7 P P符号化部1 7 1が有する1 7 P  
25 P符号の符号化テーブル2 0 1に基づいて、1 7 P P符号のトレリス表現を求め（生成し）、求められた1 7 P P符号のトレリス表現に基づいて、B C J RアルゴリズムやSOVAなどを用いて、P R－S I S O復号部8 1からの信号をS I



S O復号し、S I S O復号された信号をデインタリーバ83に供給する。

なお、図5の例においては、P R通信路12および復号部162により、記録媒体に記録されている符号化信号を再生して復号する復号装置、もしくは再生装置を構成するようにしてもよいことはいうまでもない。

5 次に、図7乃至図10を参照して、17PP符号のトレリス表現について説明する。なお、図7乃至図9は、図6の17PP符号の符号化テーブル201を状態の遷移がわかるように展開した、現時刻と次時刻の、ある1時刻分の符号化過程をすべて表す状態遷移表の構成例を示しており、図10は、図7乃至図9の状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現の構成例を示している。

10 図7乃至図9においては、図中右側より順に、「現時刻状態」、「現時刻入力」、「次時刻状態」および「現時刻出力」が示されている。なお、図7の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S0乃至S2の場合を示し、図8の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S3乃至S16の場合を示し、図9の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S17乃至S20の場合を示している。すなわち、図6の17PP符号の符号化テーブル201を展開すると、  
15 「現時刻状態」は、状態S0乃至状態S20の21状態により構成される。

なお、この17PP符号の符号化においては、図6の符号化テーブル201の「条件」に基づいて、符号化直前の記録ビットが1の場合、状態S0から符号化が開始され、符号化直前の記録ビットが0の場合、状態S1から符号化が開始さ  
20 れている。

図7の例においては、「現時刻状態」S0の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になり、  
「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S0の場合に、「現  
25 時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S4になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S5になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S8になるか、「現時

刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 6 になるか、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 9 になるか、または「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 7 になるかが示され、さらに、「現時刻状態」 S 0 の場合に、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 3 になるか、または「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 1 6 になるかが示される。

「現時刻状態」 S 1 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 0 になることが示される。また、「現時刻状態」 S 1 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 4 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 5 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 8 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 6 になるか、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 9 になるか、または「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 7 になるかが示され、さらに、「現時刻状態」 S 1 の場合に、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 2 になるか、または「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 1 6 になるかが示される。

「現時刻状態」 S 2 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 7 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 0 になることが示される。また、「現時刻状態」 S 2 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 4 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 5 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 8 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 6 になるか、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて

「次時刻状態」 S 9 になるか、または「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 7 になるかが示され、さらに、「現時刻状態」 S 2 の場合に、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 3 になるか、または「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 1 6 になるかが示される。

次に、図 8 の例においては、「現時刻状態」 S 3 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 7 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 0 になることが示される。また、「現時刻状態」 S 3 の場合に、  
10 「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 4 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 5 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 8 になるか、  
「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 6 になるか、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 9 になるか、または「現時刻出力」 0  
15 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 7 になるかが示され、さらに、「現時刻状態」 S 3 の場合に、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 2 になるか、または「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 1 6 になるかが示される。

「現時刻状態」 S 4 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になることが示され、「現時刻状態」 S 5 の場合に、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になり、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、  
「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になることが示され、  
「現時刻状態」 S 6 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 0 になることが示される。また、  
25 「現時刻状態」 S 7 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 1 になることが示され、「現時刻状態」

態」 S 8 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 2 になることが示され、「現時刻状態」 S 9 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 3 になることが示され、「現時刻状態」 S 1 0 の場合に、

- 5 「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になることが示され、「現時刻状態」 S 1 1 の場合に、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になることが示される。

- 「現時刻状態」 S 1 2 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 4 になるか、または「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 5 になることが示され、「現時刻状態」 S 1 3 の場合に、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 4 になるか、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 5 になることが示され、「現時刻状態」 S 1 4 の場合に、
- 15 「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 1 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になることが示される。また、「現時刻状態」 S 1 5 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 0 になり、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、
- 20 「現時刻出力」 1 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 2 になるか、または「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 1 6 になることが示され、「現時刻状態」 S 1 6 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 8 になることが示される。

- 同様にして、図 9 の例においては、「現時刻状態」 S 1 7 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になり、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 0 になり、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時

刻出力」 1 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 1 9 になることが示される。また、  
「現時刻状態」 S 1 7 の場合に、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻  
出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 4 になるか、「現時刻出力」 0 1 0  
が出力されて「次時刻状態」 S 5 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて

- 5 「次時刻状態」 S 8 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 6 になるか、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 9 になるか、または「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 7 になるかが示され、さらに、「現時刻状態」 S 1 8 の場合に、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 2 0 になることが示される。

「現時刻状態」 S 1 9 の場合に、「現時刻入力」 1 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 0 になり、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 4 になるか、  
「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 9 になるか、または「現時刻

- 15 刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 7 になることが示され、また、  
「現時刻状態」 S 1 9 の場合に、「現時刻入力」 1 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 0 0 が出力されて「次時刻状態」 S 3 になるか、または「現時刻出力」 0 0 1 が出力されて「次時刻状態」 S 1 6 になることが示される。さらに、「現時刻状態」 S 2 0 の場合に、「現時刻入力」 0 1 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 1 になることが示され、「現時刻入力」 0 0 が入力されると、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 5 になるか、「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 8 になるか、または「現時刻出力」 0 1 0 が出力されて「次時刻状態」 S 6 になることが示される。

- 25 さらに、図 1 0 の 1 7 P P 符号のトレリス表現においては、円は、状態を表し、一点鎖線矢印は、入力された信号が「0 0」である場合の状態遷移を示す矢印であり、二点鎖線矢印は、入力された信号が「0 1」である場合の状態遷移を示す

矢印であり、破線矢印は、入力された信号が「10」である場合の状態遷移を示す矢印であり、点線矢印は、入力された信号が「11」である場合の状態遷移を示す矢印である。また、各矢印に付したラベルは、出力される信号のビット列を示している。

- 5      以上のように、図7乃至図9の17PP符号の状態遷移表、および図10の17PP符号のトレリス表現は、ある時刻の符号化過程の各状態に対してあり得る入力と出力をすべて表示することで求められているため、例えば、状態S0においては、「現時刻入力」00に対応するパターン（図10の一点鎖線矢印）が6通り、「現時刻入力」01に対応するパターン（図10の二点鎖線矢印）が1通り、
- 10    「現時刻入力」10に対応するパターン（図10の破線矢印）が1通り、「現時刻入力」11に対応するパターン（図10の点線矢印）が2通りあるのに対して、状態S8においては、「現時刻入力」00に対応するパターン（図10の一点鎖線矢印）が1通りあるだけで、「現時刻入力」01, 10, 11に対応するパターンがないという特徴を持っている。このように、ある状態においては、
- 15    1種類の「現時刻入力」に対して、複数のパターン（図10の矢印）があるため、1時刻分の図10のトレリス表現のみを参照したのでは、どの矢印を選択してよいのか分からず、符号化を行うことができない。そこで、1時刻分の符号化過程の全体を表現した図10のトレリス表現を連続する時刻で連結させる。

図11は、図10のトレリス表現の他の構成例を示している。すなわち、図1

20    1のトレリス表現は、1時刻の符号化過程の全体を表現したものではなく、図10の1時刻分のトレリス表現を3時刻分連結させ、時刻t1乃至時刻t4の状態遷移を表すものである。なお、図11においては、説明の便宜上、3時刻分しか連結されていないが、実際には、符号化過程の最初から最後まで時刻が連結されたトレリス表現が用いられる。

- 25    図11の例においては、太線矢印P1は、時刻t1の状態S0において入力される信号が「00」であり、太線矢印P2は、時刻t2の状態S6において入力される信号が「00」であり、太線矢印P3は、時刻t3の状態S10において

入力される信号が「01」である場合の一連の状態遷移を示す矢印である。

したがって、この太線矢印P1乃至P3は、時刻t1の状態S0において「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて、時刻t2における「次時刻状態」S6になり、時刻t2の状態S6において「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて、時刻t3における「次時刻状態」S10になり、時刻t3の状態S10において「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて、時刻t4における「次時刻状態」S1になる状態遷移を示している。

ここで、各時刻の状態のパターン（矢印）を見てみると、時刻t1の状態S0においては、「現時刻入力」00に対して、太線矢印P1の他に、一点鎖線矢印が5本（すなわち、図10の一点鎖線矢印が6本）あるが、例えば、時刻t1の状態S0において「現時刻入力」00が入力され、「現時刻出力」010が出力されて、時刻t2における「次時刻状態」S6になった場合の時刻t2の状態S6においては、入力のパターンが、「現時刻入力」00に対する太線矢印P2（すなわち、図10の一点鎖線矢印）1本のみしかない。さらに、時刻t2の状態S6において、「現時刻入力」00が入力され、「現時刻出力」100が出力されて、時刻t3における「次時刻状態」S10になった場合の時刻t3の状態S10においても、入力のパターンが、「現時刻入力」01に対する太線矢印P3（すなわち、図10の二点鎖線矢印）1本のみしかない。

すなわち、時刻t2における状態S6および時刻t3における状態S10においては、入力パターンが限定されているので、時刻t1の状態S0において、入力「00 00 01」に対する出力は、出力「010 100 100」の1つであり、したがって、1つの入力列およびその出力（すなわち、符号語）が1つのパス（太線矢印P1乃至P3）に対応することがわかる。

以上のように、入力パターンが多く存在する状態の場合においても、矢印の進んだ先に、入力パターンが限定された状態が必ず存在するので、このトレリス表現を用いて、1つ1つの状態遷移を詳細に確認すると、トレリス表現上の1つの

パス（例えば、図 1 1 の太線矢印 P 1 乃至 P 3）が、符号化過程全体の 1 つの状態遷移である、入力列およびその出力（すなわち、符号語）と 1 対 1 に対応していることがわかる。したがって、このトレリス表現を用いて、入力に対応する出力を求めることができる。

- 5      なお、ビタビ復号アルゴリズムや B C J R 復号アルゴリズムは、「G. D. Forney 著、"The Viterbi Algorithm"、Proc. IEEE、 Vol. 61、 No. 3、 1 9 7 3 年発行」、または「L. R. Bahl 他著、"Optimal Decoding of Linear Codes for Minimizing Symbol Error Rate"、IEEE Trans. Inform. Theory、 Vol. I T-20、 1 9 7 4 年発行」に示されるように、1 時刻分の符号化を表現する状態
- 10   遷移表を時系列に沿って展開したトレリスに対して動作させるのが通常の方法であるが、これらの復号アルゴリズムの内容を、出願人が数学的に検討した結果、上述したように、符号化過程全体の各状態遷移とトレリス表現上のパスが 1 対 1 に対応していれば、どちらのアルゴリズムも正常に動作することが容易に確認されている。したがって、図 1 1（図 1 0）のトレリス表現を用いた場合でも、1
- 15   7 P P 符号に対してビタビ復号や B C J R 復号を適用することができる。

このように、符号化過程全体の各状態遷移と 1 対 1 に対応したパスで表現されるトレリス表現が求められるので、1 7 P P 符号においても、ビタビ復号や B C J R 復号を行うことができる。

- すなわち、1 7 P P 符号の符号化過程は、図 1 0 に示されるような 2 1 状態の
- 20   トレリス表現で表現することができ、このトレリス表現を、図 1 1 に示されるように連続する時刻で連結させることにより、簡単に、ビタビ復号や B C J R 復号を行うことができる。さらに、この 2 1 状態のトレリス表現は、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にも十分取り扱い可能な大きさである。

- なお、1 7 P P 符号のトレリス表現は、図 1 1 のトレリス表現のみに限られる
- 25   ものではなく、例えば、図 1 4 を参照して後述するように、図 1 0 に示されるいくつかの状態を分割して各状態に対する入力のパターン（矢印）を削減するなどの変形を用いて、図 1 1 のように連続する時刻を連結させ、1 7 P P 符号のトレ



リス表現とすることも可能である。

図 1 2 乃至図 1 4 は、1 7 P P 符号のトレリス表現の他の例を示している。なお、図 1 2 および図 1 3 は、図 6 の 1 7 P P 符号の符号化テーブル 2 0 1 を状態の遷移がわかるように展開した、現時刻と次時刻の、ある 1 時刻分の符号化過程を表す状態遷移表の他の構成例（図 7 乃至図 9 の 2 1 状態を、1 5 状態に削減した状態遷移表の構成例）を示しており、図 1 4 は、図 1 2 および図 1 3 の状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現の構成例を示している。

図 1 2 および図 1 3 においては、図中右側より順に、「現時刻状態」、「現時刻入力」、「次時刻状態」および「現時刻出力」が示されている。なお、図 1 2 の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S 0 乃至 S 4 の場合を示し、図 1 3 の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S 5 乃至 S 1 4 の場合を示している。すなわち、図 1 2 および図 1 3 においては、図 7 乃至図 9 の 2 1 状態から「現時刻状態」が削減されて、状態 S 0 乃至状態 S 1 4 の 1 5 状態により構成される。

図 1 2 の例においては、「現時刻状態」S 0 の場合に、「現時刻入力」0 1 が入力されると、「現時刻出力」0 1 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になり、「現時刻入力」1 0 が入力されると、「現時刻出力」0 0 1 が出力されて「次時刻状態」S 0 になることが示される。また、「現時刻状態」S 0 の場合に、「現時刻入力」0 0 が入力されると、「現時刻出力」0 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 5 になるか、または「現時刻出力」0 1 0 が出力されて「次時刻状態」S 4 になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S 0 の場合に、「現時刻入力」1 1 が入力されると、「現時刻出力」0 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 3 になるか、または「現時刻出力」0 0 1 が出力されて「次時刻状態」S 1 0 になるかが示される。

「現時刻状態」S 1 の場合に、「現時刻入力」0 1 が入力されると、「現時刻出力」0 1 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になり、「現時刻入力」1 0 が入力されると、「現時刻出力」0 0 1 が出力されて「次時刻状態」S 0 になること

が示される。また、「現時刻状態」S 1の場合に、「現時刻入力」0 0が入力されると、「現時刻出力」0 0 0が出力されて「次時刻状態」S 5になるか、または「現時刻出力」0 1 0が出力されて「次時刻状態」S 4になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S 1の場合に、「現時刻入力」1 1が入力されると、「現時刻出力」1 0 1が出力されて「次時刻状態」S 2になるか、または「現時刻出力」0 0 1が出力されて「次時刻状態」S 1 0になるかが示される。

「現時刻状態」S 2の場合に、「現時刻入力」0 1が入力されると、「現時刻出力」0 1 0が出力されて「次時刻状態」S 1 1になり、「現時刻入力」1 0が入力されると、「現時刻出力」0 0 1が出力されて「次時刻状態」S 0になることが示される。また、「現時刻状態」S 2の場合に、「現時刻入力」0 0が入力されると、「現時刻出力」0 0 0が出力されて「次時刻状態」S 5になるか、または「現時刻出力」0 1 0が出力されて「次時刻状態」S 4になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S 2の場合に、「現時刻入力」1 1が入力されると、

「現時刻出力」0 0 0が出力されて「次時刻状態」S 3になるか、または「現時刻出力」0 0 1が出力されて「次時刻状態」S 1 0になるかが示される。

「現時刻状態」S 3の場合に、「現時刻入力」0 1が入力されると、「現時刻出力」0 1 0が出力されて「次時刻状態」S 1 1になり、「現時刻入力」1 0が入力されると、「現時刻出力」0 0 1が出力されて「次時刻状態」S 0になることが示される。また、「現時刻状態」S 3の場合に、「現時刻入力」0 0が入力されると、「現時刻出力」0 0 0が出力されて「次時刻状態」S 5になるか、または「現時刻出力」0 1 0が出力されて「次時刻状態」S 4になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S 3の場合に、「現時刻入力」1 1が入力されると、

「現時刻出力」1 0 1が出力されて「次時刻状態」S 2になるか、または「現時刻出力」0 0 1が出力されて「次時刻状態」S 1 0になるかが示される。

「現時刻状態」S 4の場合に、「現時刻入力」0 0が入力されると、「現時刻出力」1 0 0が出力されて「次時刻状態」S 6になることが示され、「現時刻入力」1 0が入力されると、「現時刻出力」0 0 0が出力されて「次時刻状態」S

1 になることが示され、「現時刻入力」1 1 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になることが示される。

図 1 3 の例においては、「現時刻状態」S 5 の場合に、「現時刻入力」0 0 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 7 になり、

- 5 「現時刻入力」0 1 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になることが示され、「現時刻状態」S 6 の場合に、「現時刻入力」0 1 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になることが示され、「現時刻状態」S 6 の場合に、「現時刻入力」0 0 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 8 になるか、  
10 または「現時刻出力」0 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 9 になることが示される。また、「現時刻状態」S 7 の場合に、「現時刻入力」1 1 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になることが示され、「現時刻入力」1 0 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 8 になるか、または「現時刻出力」0 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 9 になることが示される。

- 「現時刻状態」S 8 の場合に、「現時刻入力」0 0 が入力されると、「現時刻出力」1 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になることが示され、「現時刻状態」S 9 の場合に、「現時刻入力」0 1 が入力されると、「現時刻出力」0 1 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になることが示され、「現時刻入力」1 0 が入力されると、「現時刻出力」0 0 1 が出力されて「次時刻状態」S 0 になることが示され、「現時刻入力」1 1 が入力されると、「現時刻出力」1 0 1 が出力されて「次時刻状態」S 2 になるか、または「現時刻出力」0 0 1 が出力されて「次時刻状態」S 1 0 になることが示される。

- 「現時刻状態」S 1 0 の場合に、「現時刻入力」0 1 が入力されると、「現時刻出力」0 0 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 2 になることが示され、「現時刻状態」S 1 1 の場合に、「現時刻入力」0 1 が入力されると、「現時刻出力」0 1 0 が出力されて「次時刻状態」S 1 になることが示され、「現時刻入力」1

0が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示され、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S13になることが示され、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になるか、  
5 または「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になることが示される。

「現時刻状態」S12の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S14になることが示され、「現時刻状態」S13の場合に、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」  
10 001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示され、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になることが示され、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S3になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S10になることが示され、「現時刻状態」S14の場合に、  
15 「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になることが示される。

さらに、図14の17PP符号のトレリス表現においては、図10のトレリス表現と同様に、円は、状態を表し、一点鎖線矢印は、入力された信号が「00」  
20 である場合の状態遷移を示す矢印であり、二点鎖線矢印は、入力された信号が「01」である場合の状態遷移を示す矢印であり、破線矢印は、入力された信号が「10」である場合の状態遷移を示す矢印であり、点線矢印は、入力された信号が「11」である場合の状態遷移を示す矢印である。また、各矢印に付したラベルは、出力される信号のビット列を示している。

25 以上のように、17PP符号の符号化過程は、15状態のトレリス表現でも表現することができ、さらに、この15状態のトレリス表現も、図10を参照して上述した21状態のトレリス表現と同様に、連続する時刻で連結させることがで

きる。したがって、図 1 1 の例の場合と同様に、符号化過程全体の各状態遷移と 1 対 1 に対応したパスで表現されるトレリス表現が求められるので、1 7 P P 符号においては、1 5 状態のトレリス表現を用いた場合でも、簡単に、ビタビ復号や B C J R 復号を行うことができる。また、図 1 4 のトレリス表現の場合は、2 5 1 状態のトレリス表現よりも状態数が削減されているので、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にも 2 1 状態のトレリス表現よりもさらに扱いやすい。

次に、図 1 5 のフローチャートを参照して、記録再生装置 1 5 1 が実行する記録処理について説明する。

ステップ S 1 において、ターボ符号化部 7 1 は、入力された信号をターボ符号  
10 化し、インタリーバ 7 2 を介して、1 7 P P 符号化部 1 7 1 に出力し、ステップ S 2 に進む。具体的には、外部からの信号は、要素符号化部 9 1 およびインタリーバ 9 2 に同時に入力される。要素符号化部 9 1 は、入力された信号から、パリティビット列 1 を生成し、間引処理部 9 4 に出力する。インタリーバ 9 2 は、要素符号化部 9 1 と同時に入力された信号の順序を並び替え、要素符号化部 9 3 に  
15 入力する。要素符号化部 9 3 は、インタリーバ 9 2 により並び替えられた信号から、パリティビット列 2 を生成し、間引処理部 9 4 に出力する。間引処理部 9 4 は、パリティビット列 1 および 2 を間引きしながら、多重化し、インタリーバ 7 2 を介して、1 7 P P 符号化部 1 7 1 に出力する。

1 7 P P 符号化部 1 7 1 は、ステップ S 2 において、1 7 P P 符号の符号化テーブル 2 0 1 に基づいて、インタリーバ 7 2 を介して入力された信号を 1 7 P P 符号化し、P R 通信路 1 2 に出力し、ステップ S 3 に進む。  
20

記録再生部 2 1 は、ステップ S 3 において、1 7 P P 符号化部 1 7 1 から入力された符号化信号を、N R Z I (non return to zero Inverted) 符号化し、N R Z I 符号化された信号を装着された記録媒体または内蔵される記録媒体にマー  
25 クエッジ記録 (Mark Edge Recording) 方法を用いて記録し、記録処理を終了する。

次に、図 1 6 のフローチャートを参照して、上述した記録処理に対して実行さ

れる記録再生装置 151 の再生処理について説明する。

記録再生部 21 は、ステップ S 21 において、記録媒体に記録されている符号化信号を PR 2 チャンネルで読み出して、読み出された符号化信号を、等化処理部 22 に供給し、ステップ S 22 に進む。等化処理部 22 は、ステップ S 22 において、供給された符号化信号に対して、所定の目標等化特性となるように、波形干渉を利用した PR 等化を施して、復号部 162 に供給し、ステップ S 23 に進む。

PR-SISO 復号部 81 は、ステップ S 23 において、PR 通信路 12 からの信号から、NRZI 符号化および PR 2 チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められた NRZI 符号化および PR 2 チャンネルのトレリス表現に基づいて、BCJR アルゴリズムや SOVA などを用いて、SISO 復号を実行し、SISO 復号された信号（軟情報）を 17PP-SISO 復号部 181 に供給し、ステップ S 24 に進む。

17PP-SISO 復号部 181 は、ステップ S 24 において、17PP の SISO 復号処理を実行する。この 17PP の SISO 復号処理について、図 17 のフローチャートを参照して説明する。17PP-SISO 復号部 181 は、図 17 のステップ S 41 において、PR-SISO 復号部 81 から SISO 復号された信号（軟情報）を入力し、ステップ S 42 に進む。17PP-SISO 復号部 181 は、ステップ S 42 において、17PP の符号化テーブル 201 に基づいて、17PP のトレリス表現を求め（生成し）、ステップ S 43 に進み、求められた 17PP のトレリス表現に基づいて、ビタビ復号アルゴリズムや BCJR 復号アルゴリズムを用いて、PR-SISO 復号部 81 からの信号を SISO 復号し、ステップ S 44 に進む。17PP-SISO 復号部 181 は、ステップ S 44 において、SISO 復号された信号（軟情報）をデインタリーバ 83 を介して、ターボ復号部 84 に供給し、図 16 のステップ S 25 に戻る。

ターボ復号部 84 は、図 16 のステップ S 25 において、ターボ復号処理を実

行する。具体的には、ターボ復号部 8 4 の補間処理部 1 1 1 は、デインタリーバ 8 3 からの信号（軟情報）を、補間処理し、要素復号部 1 1 2 および要素復号部 1 1 4 に出力する。要素復号部 1 1 2 は、補間処理部 1 1 1 からの信号を S I S O 復号し、S I S O 復号された信号とともに、信頼度情報をインタリーバ 1 1 3 を介して、要素復号部 1 1 4 に出力する。要素復号部 1 1 4 は、要素復号部 1 1 2 からの信頼度情報を用いて、補間処理部 1 1 1 からの信号を S I S O 復号し、デインタリーバ 1 1 5 を介して、S I S O 復号された信号と信頼度情報を要素復号部 1 1 2 に出力する。そして、要素復号部 1 1 4 は、これらの処理が数回繰り返された後に、最終判定処理を行い、その結果を図示せぬ後段に出力し、再生処理を終了する。

以上のようにして、1 7 P P 符号のトレリス表現が求められ、トレリス表現に基づいて、ビタビ復号アルゴリズムや B C J R 復号アルゴリズムが用いられて、信号が S I S O 復号されるので、記録再生装置 1 5 1 において、1 7 P P 符号とターボ符号の両方を併用することができる。これにより、図 1 8 に示されるように、復号性能を向上させることができる。

図 1 8 は、本発明を適用した記録再生装置 1 5 1 と従来の記録再生装置 1 におけるそれぞれの復号性能の比較結果を示している。なお、図 1 8 において、本発明を適用した記録再生装置 1 5 1 においては、1 7 P P 符号とターボ符号が併用されており、従来の記録再生装置 1 においては、変調符号として 1 7 P P 符号のみが用いられている。

図 1 8 の例において、縦軸は、ビットエラーレートを示し、横軸は、信号対雑音電力比を示し、実線は、本発明を適用した場合におけるビットエラーレートであり、点線は、従来の 1 7 P P 符号のみを用いた場合のビットエラーレートである。また、図 1 8 においては、ターボ符号 1 符号あたりの情報ビット数は、1 1 7 4 ビットとし、ターボ符号の符号化率は、 $19/20$  とし、繰り返し復号回数は、1 0 回としている。

したがって、図 1 8 のビットエラーレート =  $10^{-5}$  においては、従来の記

録再生装置 1 の信号対雑音電力比が、およそ 13.4 (dB) であるのに対して、  
本発明を適用した記録再生装置 151 の信号対雑音電力比は、およそ 10.6

(dB) であることが示されている。これにより、記録再生装置 151 においては、17PP 符号とターボ符号が併用されることにより、17PP 符号のみを用  
5 いた従来の記録再生装置 1 よりも、2.5 (dB) 以上の符号化利得が得られる  
ことがわかる。

以上のように、17PP 符号とターボ符号を併用することにより、復号性能を  
向上させることができる。

図 19 は、本発明を適用した記録再生装置 251 の構成例を表している。なお、  
10 図 19 において、図 5 における場合と対応する部分には対応する符号を付してあ  
り、その説明は繰り返しになるので適宜省略する。

すなわち、図 19 の記録再生装置 251 の符号化部 261 は、ターボ符号化部  
71 に代わって LDPC (Low Density Parity Check) 符号化部 271 が追加さ  
れ、記録再生装置 251 の復号部 262 は、ターボ復号部 81 に代わって LDPC  
15 C 復号部 281 が追加されている以外は、図 5 を参照して上述した記録再生装置  
151 の符号化部 161 または復号部 162 と同様の構成を有している。

したがって、符号化部 261 は、LDPC 符号化部 271、インタリーバ 72  
および 17PP 符号化部 171 により構成される。LDPC 符号化部 271 は、  
入力された信号を LDPC 符号化し、符号化された信号をインタリーバ 72 を介  
20 して、17PP 符号化部 171 に出力する。17PP 符号化部 171 は、可変長  
の 17PP 符号の符号化テーブル 201 を有しており、17PP 符号の符号化テ  
ーブル 201 に基づいて、インタリーバ 72 から入力された信号を 17PP 符号  
化し、PR 通信路 12 に出力する。

復号部 262 は、RP-SISO 復号部 81、17PP-SISO 復号部 18  
25 1、デインタリーバ 83、および LDPC 復号部 281 により構成される。17  
PP-SISO 復号部 181 は、17PP 符号化部 171 が有する 17PP 符号  
の符号化テーブル 201 に基づいて、17PP 符号のトレリス表現を求め、求め



られた17PP符号のトレリス表現に基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAなどを用いて、PR-SISO復号部81からの信号をSISO復号し、SISO復号された信号（軟情報）をデインタリーバ83を介して、LDPC復号部281に出力する。

- 5 LDPC復号部281は、17PP-SISO復号部181から入力される信号（軟情報）に基づいて、SPA(Sum-Product Algorithm)を用いて繰り返し復号を実行し、実行した結果を図示せぬ後段に出力する。

- 10 以上のように、17PP-SISO復号部181において、17PP符号のトレリス表現が求められ、17PP符号のトレリス表現に基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAなどを用いて、簡単に、SISO復号されるので、ターボ符号に代わって、LDPC符号を接続することもできる。このように、ターボ符号に代わって、LDPC符号を用いて記録再生処理を行うようにしてもよい。なお、図19の場合も、17PP符号のみを用いた場合よりも、復号性能が向上される。

- 15 図20は、本発明を適用した記録再生装置301の構成例を表している。記録再生装置301は、記録再生装置151と同様に、変調符号として17PP符号を用いて、光ディスクなどの記録媒体に信号の記録再生を行う。なお、図20において、図1における場合と対応する部分には対応する符号を付してあり、その説明は繰り返しになるので適宜省略する。

- 20 すなわち、図20の記録再生装置301は、変調符号化部11に代わって図5の17PP符号化部171が追加され、記録再生装置301の復号部311は、PR-ビタビ復号部31に代わって図5のPR-SISO復号部81が追加され、変調復号部32に代わって17PPビタビ復号部321が追加されている以外は、図1を参照して上述した記録再生装置1と同様の構成を有している。

- 25 したがって、17PP符号化部171は、可変長の17PP符号の符号化テーブル201を有しており、17PP符号の符号化テーブル201に基づいて、インタリーバ72から入力された信号を17PP符号化し、PR通信路12に出力する。

復号部 311 は、PR-SISO 復号部 81 および 17PP ビタビ復号部 321 により構成される。PR-SISO 復号部 81 は、PR 通信路 12 からの信号から、NRZI 符号化および PR2 チャネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められた NRZI 符号化および PR2 チャネルのトレリス表現に基づいて、SISO 復号を実行し、SISO 復号された信号（軟情報）を 17PP ビタビ復号部 321 に供給する。

17PP ビタビ復号部 321 は、17PP 符号化部 171 が有する 17PP の符号化テーブル 201 に基づいて、17PP 符号のトレリス表現を求め、求められた 17PP 符号のトレリス表現に基づいて、PR-SISO 復号部 81 から信号の軟判定ビタビ復号を行い、軟判定ビタビ復号された信号を図示せぬ後段に出力する。

以上のように、記録再生装置 301 においては、変調符号として 17PP 符号が用いられ、17PP 符号のトレリス表現が求められ、求められた 17PP 符号のトレリス表現に基づいて、簡単に、軟判定ビタビ復号を行うことができるので、図 1 の記録再生装置 1 よりも、高い復号性能を図ることができる。

以上のように、可変長の符号化テーブルを有する変調符号において、トレリス表現が求められ、求められたトレリス表現を容易に用いることができるので、現実的な計算量で軟判定ビタビ復号が可能になり、復号性能が向上される。

また、可変長の符号化テーブルを有する変調符号において、トレリス表現が求められ、求められたトレリス表現を容易に用いることができるので、BCJR 復号アルゴリズムや SOVA を用いての SISO 復号も可能になるため、誤り訂正符号として、ターボ符号や LDPC 符号などの軟情報を必要とする符号を接続することができ、さらなる復号性能の向上が図れる。

なお、図 5 の記録再生装置 151、図 19 の記録再生装置 251 においては、非特許文献 1 に示されるのと同様に、17PP 符号のトレリス表現の状態と、PR 通信路 12 のトレリス表現の状態とを一体化したトレリス表現を用いて、復号

を行い、接続したターボ符号やLDPC符号の復号部に軟情報を出力するようにしてもよい。すなわち、図5および図19において、PR-SISO復号部81および17PP-SISO復号部181を、図21に示されるように、1つのブロックとして構成するようにしてもよい。

- 5 図21は、本発明を適用した記録再生装置351の構成例を表している。なお、図21において、図5における場合と対応する部分には対応する符号を付してあり、その説明は繰り返しになるので適宜省略する。

したがって、図21の記録再生装置351の復号部361は、PR-SISO復号部81および17PP-SISO復号部181に代わって、17PP-PR  
10 -SISO復号部371が追加されている以外は、図5を参照して上述した記録再生装置151の復号部162と同様の構成を有している。なお、図21のPR通信路12は、PR2（PR121）の記録再生チャネルではなく、PR1221の記録再生チャネルでの記録再生処理を行う。

すなわち、図21のPR通信路12は、記録再生部21および等化処理部22  
15 により構成され、例えば、PR1221の記録再生チャネルでの記録再生処理を行う。記録再生部21は、17PP符号化部171から入力された符号化信号を、NRZI符号化し、NRZI符号化された信号を装着された記録媒体または内蔵される記録媒体にマークエッジ記録方法を用いて記録する。また、記録再生部21は、記録媒体に記録されている符号化信号をPR1221チャネルで読み出し  
20 て、読み出された符号化信号を、等化処理部22に供給する。等化処理部22は、供給された符号化信号に対して、所定の目標等化特性となるように、波形干渉を利用したPR等化を施して、復号部361に供給する。

復号部361は、17PP-PR-SISO復号部371、デインタリーバ83、およびターボ復号部84により構成される。17PP-PR-SISO復号  
25 部371は、NRZI符号化およびPR1221チャネルに基づいて求められる毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現と、17PP符号化部171が有する17PP符号の符号化テーブル201に基づい

て求められる 17PP 符号のトレリス表現を一体化させた合成トレリス表現（以下、17PP および PR1221 チャンネル（通信路）の合成トレリス表現と称する）に基づいて、BCJR アルゴリズムや SOVA などを用いて、PR 通信路 12 からの信号を SISO 復号し、SISO 復号された信号（軟情報）をデインタリーバ 83 を介して、ターボ復号部 84 に出力する。

次に、図 22 乃至図 25 を参照して、17PP 符号と PR1221 チャンネルの合成トレリス表現について説明する。なお、この合成トレリス表現は、図 12 乃至図 14 を参照して上述した 15 状態からなる 17PP 符号のトレリス表現と、例えば、図 5 の PR 通信路 12 が PR1221 の記録再生チャンネルでの記録再生処理を行う場合に、図 5 の PR-SISO 復号部 81 により用いられる図示せぬ 6 状態からなる PR1221 チャンネルのトレリス表現とが合成（一体化）されて、表現されたものである。

図 22 および図 23 は、現時刻と次時刻の、ある 1 時刻分の符号化過程をすべて表す状態遷移表の構成例を示している。図 24 は、図 22 および図 23 の状態遷移表を時系列に沿って展開した合成トレリス表現の構成例を示しており、図 25 は、図 24 の合成トレリス表現における出力の一覧を示している。

図 22 および図 23 においては、図中右側より順に、「現時刻状態」、「現時刻入力」、「次時刻状態」および「現時刻出力」が示されている。「現時刻状態」および「次時刻状態」において、左側の数字は、17PP 符号の状態（ステート）S を示しており、右側の数字は、PR1221 チャンネルの状態（ステート）s を示している。なお、以下、17PP 符号の状態と、PR1221 チャンネルの状態を区別するため、17PP 符号の状態は、S（大文字）を用いて表し、PR1221 チャンネルの状態は、s（小文字）を用いて表す。

また、図 24 の合成トレリス表現においては、図中最左側または最右側の各状態 S は、17PP 符号の状態を表し、円の中の記号 s は、PR1221 チャンネルの状態を表し、一点鎖線矢印は、入力された信号が「00」である場合の状態遷移を示す矢印であり、二点鎖線矢印は、入力された信号が「01」である場合の

状態遷移を示す矢印であり、破線矢印は、入力された信号が「10」である場合の状態遷移を示す矢印であり、点線矢印は、入力された信号が「11」である場合の状態遷移を示す矢印である。また、図24の合成トレリス表現において出力される信号は、説明の便宜上、図25に示される。

- 5 図25は、図24の合成トレリス表現において、出力される信号の一覧を示している。図25の例において、円の中の記号sは、PR1221チャネルの状態を表し、各矢印に付したラベルは、図24の合成トレリス表現のPR1221チャネルの各状態から各状態へ遷移した場合に出力される信号を表している。また、左側の括弧内の記号は、PR1221チャネルの各状態におけるPR通信路12
- 10 の3つのレジスタの状態を表している。すなわち、PR通信路12の3つのレジスタは、PR1221チャネルが状態s0の場合、(−, −, −)の状態であり、PR1221チャネルが状態s1の場合、(+, −, −)の状態であり、PR1221チャネルが状態s2の場合、(+, +, −)の状態であり、PR1221チャネルが状態s3の場合、(−, −, +)の状態であり、PR1221チャネルが状態s4の場合、(−, +, +)の状態であり、PR1221チャネルが状態s5の場合、(+, +, +)の状態であることが示されている。

- したがって、図22の状態遷移表に示される順に説明していくと、図24および図25の例においては、現在の17PP符号の状態がS0であり、PR1221チャネルの状態がs1（すなわち、PR通信路12のレジスタが(+, −, −)の状態)である場合に、01が入力されると、0, 2, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs3になることが示され、10が入力されると、0, 4, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR1221チャネルの状態がs4になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS0であり、PR1221チャネルの状態がs1である場合に、00が入力されると、0, 4, 6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR1221チャネルの状態がs5になるか、または、0, 2, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の
- 20
- 25

状態が S 4 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 3 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 0 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 1 である場合に、1 1 が入力されると、0, 4, 6 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 3 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 5 になるか、  
5 または、0, 4, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 4 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 0 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 4 (すなわち、P R 通信路 1 2 のレジスタが (−, +, +) の状態) である場合に、  
0 1 が入力されると、0, −2, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状  
10 態が S 1 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 2 になることが示され、1 0 が入力されると、0, −4, −4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 0 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 1 になることが示されている。  
現在の 1 7 P P 符号の状態が S 0 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 4 である場合に、0 0 が入力されると、0, −4, −6 が出力されて、次の時刻の 1  
15 7 P P 符号の状態が S 5 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 0 になるか、または、0, −2, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 4 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 2 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 0 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 4 である場合に、  
1 1 が入力されると、0, −4, −6 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の  
20 状態が S 3 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 0 になるか、または、0, −4, −4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 1 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 0 (すなわち、P R 通信路 1 2 のレジスタが (−, −, −) の状態) である場合に、  
25 0 1 が入力されると、−6, −4, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 2 になることが示され、1 0 が入力されると、−6, −6, −4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の

状態が S 0 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 1 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 0 である場合に、0 0 が入力されると、- 6, - 6, - 6 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 5 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 0 になるか、または、- 6, - 4, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 4 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 2 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 0 である場合に、1 1 が入力されると、- 4, 0, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 2 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 4 になるか、または、- 6, - 6, - 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 1 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 2 (すなわち、P R 通信路 1 2 のレジスタが (+, +, -) の状態) である場合に、0 1 が入力されると、4, 4, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 3 になることが示され、1 0 が入力されると、4, 6, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 0 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 4 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 2 である場合に、0 0 が入力されると、4, 6, 6 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 5 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 5 になるか、または、4, 4, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 4 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 3 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 2 である場合に、1 1 が入力されると、2, 0, - 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 2 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 1 になるか、または、4, 6, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 2 1 チャンネルの状態が s 4 になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS1であり、PR1221チャネルの状態がs3  
(すなわち、PR通信路12のレジスタが(−, −, +)の状態)である場合に、  
01が入力されると、−4, −4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の  
状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs2になることが示され、1  
5 0が入力されると、−4, −6, −4が出力されて、次の時刻の17PP符号の  
状態がS0になり、PR1221チャネルの状態がs1になることが示されてい  
る。現在の17PP符号の状態がS1であり、PR1221チャネルの状態がs  
3である場合に、00が入力されると、−4, −6, −6が出力されて、次の時  
刻の17PP符号の状態がS5になり、PR1221チャネルの状態がs0にな  
10 るか、または、−4, −4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態が  
S4になり、PR1221チャネルの状態がs2になることが示されている。現  
在の17PP符号の状態がS1であり、PR1221チャネルの状態がs3であ  
る場合に、11が入力されると、−2, 0, 2が出力されて、次の時刻の17P  
P符号の状態がS2になり、PR1221チャネルの状態がs4になるか、また  
15 は、−4, −6, −4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10に  
なり、PR1221チャネルの状態がs1になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS1であり、PR1221チャネルの状態がs5  
(すなわち、PR通信路12のレジスタが(+, +, +)の状態)である場合に、  
01が入力されると、6, 4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態  
20 がS1になり、PR1221チャネルの状態がs3になることが示され、10が  
入力されると、6, 6, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0  
になり、PR1221チャネルの状態がs4になることが示されている。現在の  
17PP符号の状態がS1であり、PR1221チャネルの状態がs5である場  
合に、00が入力されると、6, 6, 6が出力されて、次の時刻の17PP符号  
25 の状態がS5になり、PR1221チャネルの状態がs5になるか、または、6,  
4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR122  
1チャネルの状態がs3になることが示されている。現在の17PP符号の状態



がS 1であり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 5である場合に、1 1が入力されると、4, 0, - 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 2になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 1になるか、または、6, 6, 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 0になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 4になることが示されている。

現在の1 7 P P符号の状態がS 2であり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 1（すなわち、PR通信路1 2のレジスタが（+, -, -）の状態）である場合に、0 1が入力されると、0, 2, 0が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 1になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 3になることが示され、1 0が入力されると、0, 4, 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 0になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 4になることが示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 2であり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 1である場合に、0 0が入力されると、0, 4, 6が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 5になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 5になるか、または、0, 2, 0が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 4になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 3になることが示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 2であり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 1である場合に、1 1が入力されると、0, 4, 6が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 3になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 5になるか、または、0, 4, 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 0になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 4になることが示されている。

現在の1 7 P P符号の状態がS 2であり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 4（すなわち、PR通信路1 2のレジスタが（-, +, +）の状態）である場合に、0 1が入力されると、0, - 2, 0が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 1になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 2になることが示され、1 0が入力されると、0, - 4, - 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 0になり、PR 1 2 2 1チャネルの状態がs 1になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS2であり、PR1221チャネルの状態がs4である場合に、00が入力されると、0, -4, -6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR1221チャネルの状態がs0になるか、または、0, -2, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR1221チャネルの状態がs2になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS2であり、PR1221チャネルの状態がs4である場合に、11が入力されると、0, -4, -6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS3になり、PR1221チャネルの状態がs0になるか、または、0, -4, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR1221チャネルの状態がs1になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS3であり、PR1221チャネルの状態がs0（すなわち、PR通信路12のレジスタが（-, -, -）の状態）である場合に、01が入力されると、-6, -4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS11になり、PR1221チャネルの状態がs2になることが示され、10が入力されると、-6, -6, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR1221チャネルの状態がs1になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS3であり、PR1221チャネルの状態がs0である場合に、00が入力されると、-6, -6, -6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR1221チャネルの状態がs0になるか、または、-6, -4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR1221チャネルの状態がs2になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS3であり、PR1221チャネルの状態がs0である場合に、11が入力されると、-4, 0, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS2になり、PR1221チャネルの状態がs4になるか、または、-6, -6, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR1221チャネルの状態がs1になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS3であり、PR1221チャネルの状態がs5

(すなわち、PR通信路12のレジスタが(+, +, +)の状態)である場合に、01が入力されると、6, 4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS11になり、PR1221チャンネルの状態がs3になることが示され、10が入力されると、6, 6, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR1221チャンネルの状態がs4になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS3であり、PR1221チャンネルの状態がs5である場合に、00が入力されると、6, 6, 6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR1221チャンネルの状態がs5になるか、または、6, 4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR1221チャンネルの状態がs3になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS3であり、PR1221チャンネルの状態がs5である場合に、11が入力されると、4, 0, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS2になり、PR1221チャンネルの状態がs1になるか、または、6, 6, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR1221チャンネルの状態がs4になることが示されている。

さらに、図23の状態遷移表に示される順に説明していくと、図24および図25の例においては、現在の17PP符号の状態がS4であり、PR1221チャンネルの状態がs2(すなわち、PR通信路12のレジスタが(+, +, -)の状態)である場合に、00が入力されると、2, 0, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS6になり、PR1221チャンネルの状態がs0になることが示され、10が入力されると、4, 6, 6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs5になることが示され、11が入力されると、2, 0, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs0になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS4であり、PR1221チャンネルの状態がs3(すなわち、PR通信路12のレジスタが(-, -, +)の状態)である場合に、00が入力されると、-2, 0, 4が出力されて、次の時刻の17

PP符号の状態がS6になり、PR1221チャネルの状態がs5になることが示され、10が入力されると、-4, -6, -6が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs0になることが示され、11が入力されると、-2, 0, 4が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs5になることが示されている。

現在の17 PP符号の状態がS5であり、PR1221チャネルの状態がs0 (すなわち、PR通信路12のレジスタが(-, -, -)の状態)である場合に、00が入力されると、-4, 0, 4が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS7になり、PR1221チャネルの状態がs5になることが示され、01が入力されると、-4, 0, 4が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs5になることが示されている。現在の17 PP符号の状態がS5であり、PR1221チャネルの状態がs5 (すなわち、PR通信路12のレジスタが(+, +, +)の状態)である場合に、00が入力されると、4, 0, -4が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS7になり、PR1221チャネルの状態がs0になることが示され、01が入力されると、4, 0, -4が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs0になることが示されている。

現在の17 PP符号の状態がS6であり、PR1221チャネルの状態がs0 (すなわち、PR通信路12のレジスタが(-, -, -)の状態)である場合に、01が入力されると、-4, 0, 4が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs5になることが示され、00が入力されると、-4, 0, 4が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS8になり、PR1221チャネルの状態がs5になるか、または、-6, -6, -6が出力されて、次の時刻の17 PP符号の状態がS9になり、PR1221チャネルの状態がs0になることが示されている。現在の17 PP符号の状態がS6であり、PR1221チャネルの状態がs5 (すなわち、PR通信路12の

レジスタが(+,+,+)の状態)である場合に、01が入力されると、4,0,-4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs0になることが示され、00が入力されると、4,0,-4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS8になり、PR1221チャンネルの状態がs0になるか、または、6,6,6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS9になり、PR1221チャンネルの状態がs5になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS7であり、PR1221チャンネルの状態がs0(すなわち、PR通信路12のレジスタが(-,-,-)の状態)である場合に、11が入力されると、-4,0,4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs5になることが示され、10が入力されると、-4,0,4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS8になり、PR1221チャンネルの状態がs5になるか、または、-6,-6,-6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS9になり、PR1221チャンネルの状態がs0になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS7であり、PR1221チャンネルの状態がs5(すなわち、PR通信路12のレジスタが(+,+,+)の状態)である場合に、11が入力されると、4,0,-4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs0になることが示され、10が入力されると、4,0,-4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS8になり、PR1221チャンネルの状態がs0になるか、または、6,6,6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS9になり、PR1221チャンネルの状態がs5になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS8であり、PR1221チャンネルの状態がs0(すなわち、PR通信路12のレジスタが(-,-,-)の状態)である場合に、00が入力されると、-4,0,4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs5になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 8 であり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 5 (すなわち、P R 通信路 1 2 のレジスタが (+, +, +) の状態) である場合に、0 0 が入力されると、4, 0, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 0 になることが示されている。

- 5 現在の 1 7 P P 符号の状態が S 9 であり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 0 (すなわち、P R 通信路 1 2 のレジスタが (-, -, -) の状態) である場合に、0 1 が入力されると、-6, -4, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 2 になることが示され、1 0 が入力されると、-6, -6, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 0 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 1 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 9 であり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 0 である場合に、1 1 が入力されると、-4, 0, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 2 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 4 になるか、または、-6, -6, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 15 0 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 1 になることが示されている。

- 現在の 1 7 P P 符号の状態が S 9 であり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 5 (すなわち、P R 通信路 1 2 のレジスタが (+, +, +) の状態) である場合に、0 1 が入力されると、6, 4, 0 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 3 になることが示され、1 0 が 20 入力されると、6, 6, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 0 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 4 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 9 であり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 5 である場合に、1 1 が入力されると、4, 0, -2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 2 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 1 になるか、または、 25 6, 6, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s 4 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 であり、P R 1 2 2 1 チャネルの状態が s

1 (すなわち、PR通信路12のレジスタが(+, -, -)の状態)である場合に、01が入力されると、0, 4, 6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS12になり、PR1221チャンネルの状態がs5になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS10であり、PR1221チャンネルの状態がs4 (すなわち、PR通信路12のレジスタが(-, +, +)の状態)である場合に、01が入力されると、0, -4, -6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS12になり、PR1221チャンネルの状態がs0になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS11であり、PR1221チャンネルの状態がs2 (すなわち、PR通信路12のレジスタが(+, +, -)の状態)である場合に、01が入力されると、4, 4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs3になることが示され、10が入力されると、4, 6, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR1221チャンネルの状態がs4になることが示され、11が入力されると、2, 0, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS13になり、PR1221チャンネルの状態がs1になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS11であり、PR1221チャンネルの状態がs2である場合に、00が入力されると、4, 6, 6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR1221チャンネルの状態がs5になるか、または、4, 4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR1221チャンネルの状態がs3になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS11であり、PR1221チャンネルの状態がs3 (すなわち、PR通信路12のレジスタが(-, -, +)の状態)である場合に、01が入力されると、-4, -4, 0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャンネルの状態がs2になることが示され、10が入力されると、-4, -6, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR1221チャンネルの状態がs1になることが示され、

1 1が入力されると、-2, 0, 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 3になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 4になることが示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 1 1であり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 3である場合に、0 0が入力されると、-4, -6, -6が出力されて、次の

5 時刻の1 7 P P符号の状態がS 5になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 0になるか、または、-4, -4, 0が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 4になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 2になることが示されている。

現在の1 7 P P符号の状態がS 1 2であり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 0（すなわち、P R通信路1 2のレジスタが（-, -, -）の状態）である場合に、1 1が入力されると、-6, -6, -6が出力されて、次の時刻の1 7 P P

10 符号の状態がS 1 4になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 0になることが示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 1 2であり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 5（すなわち、P R通信路1 2のレジスタが（+, +, +）の状態）である場合に、1 1が入力されると、6, 6, 6が出力されて、次の時刻の1 7

15 P P符号の状態がS 1 4になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 5になることが示されている。

現在の1 7 P P符号の状態がS 1 3であり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 1（すなわち、P R通信路1 2のレジスタが（+, -, -）の状態）である場合に、1 0が入力されると、0, 4, 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の

20 状態がS 0になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 4になることが示され、0 0が入力されると、0, 4, 6が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 5になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 5になることが示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 1 3であり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 1である場合に、1 1が入力されると、0, 4, 6が出力されて、次の時刻の1 7 P

25 P符号の状態がS 3になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 5になるか、または、0, 4, 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 0になり、P R 1 2 2 1チャネルの状態がs 4になることが示されている。



現在の17PP符号の状態がS13であり、PR1221チャネルの状態がs4（すなわち、PR通信路12のレジスタが（－，＋，＋）の状態）である場合に、10が入力されると、0，－4，－4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR1221チャネルの状態がs1になることが示され、  
5 00が入力されると、0，－4，－6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR1221チャネルの状態がs0になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS13であり、PR1221チャネルの状態がs4である場合に、11が入力されると、0，－4，－6が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS3になり、PR1221チャネルの状態がs0になるか、または、0，－4，－4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR1221チャネルの状態がs1になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS14であり、PR1221チャネルの状態がs0（すなわち、PR通信路12のレジスタが（－，－，－）の状態）である場合に、01が入力されると、－6，－4，0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs2になることが示され、  
15 00が入力されると、－6，－4，0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR1221チャネルの状態がs2になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS14であり、PR1221チャネルの状態がs5（すなわち、PR通信路12のレジスタが（＋，＋，＋）の状態）である場合に、01が入力されると、6，4，0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR1221チャネルの状態がs3になることが示され、  
20 00が入力されると、6，4，0が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR1221チャネルの状態がs3になることが示されている。

以上のように、17PP符号およびPR1221チャネルの合成トレリス表現  
25 は、図22および図23の状態遷移表に示される順に、（17PP符号の状態，PR1221チャネルの状態）が、（S0，s1），（S0，s4），（S1，s0），（S1，s2），（S1，s3），（S1，s5），（S2，s1），（S2，s

4), (S 3, s 0), (S 3, s 5), (S 4, s 2), (S 4, s 3), (S 5, s 0), (S 5, s 5), (S 6, s 0), (S 6, s 5), (S 7, s 0), (S 7, s 5), (S 8, s 0), (S 8, s 5), (S 9, s 0), (S 9, s 5), (S 10, s 1), (S 10, s 4), (S 11, s 2), (S 11, s 3), (S 12, s 0),  
5 (S 12, s 5), (S 13, s 1), (S 13, s 4), (S 14, s 0), および (S 14, s 5) の状態の 3 2 状態により構成することができ、このトレリス表現も、図 10 を参照して上述した 2 1 状態のトレリス表現と同様に、連続する時刻で連結させることにより、図 11 の例の場合と同様に、符号化過程全体の各状態遷移と 1 対 1 に対応したパスで表現されるトレリス表現が求められる。したがって、簡単に、ビタビ復号や BCJR 復号を行うことができる。

また、17PP 符号のトレリス表現は、15 状態により構成され、NRZI 符号化および PR1221 チャンネルのトレリス表現は、6 状態により構成される。17PP 符号のトレリス表現と PR1221 チャンネルのトレリス表現を単純に組み合わせた場合には、90 状態ある状態が、17PP 符号のトレリス表現と、NRZI 符号化および PR1221 チャンネルのトレリス表現を合成することにより、  
15 3 2 状態まで削減される。すなわち、図 5 の PR-復号部 81 においてはすべての状態遷移が演算されていたが、演算されていたすべての状態遷移のうち、17PP 符号の出力ではあり得ない状態遷移や、同じ結果になる状態遷移などが演算されなくなるので、演算処理が軽減され、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にもさらに扱いやすくなり、さらに、復号性能も向上する。

次に、図 26 のフローチャートを参照して、記録再生装置 351 の再生処理について説明する。

記録再生部 21 は、ステップ S121 において、記録媒体に記録されている符号化信号を PR1221 チャンネルで読み出して、読み出された符号化信号を、等  
25 化処理部 22 に供給し、ステップ S122 に進む。等化処理部 22 は、ステップ S122 において、供給された符号化信号に対して、所定の目標等化特性となるように、波形干渉を利用した PR 等化を施して、復号部 361 に供給し、ステッ

プ S 1 2 3 に進む。

1 7 P P - P R - S I S O 復号部 3 7 1 は、ステップ S 1 2 3 において、P R 通信路 1 2 からの信号を入力し、ステップ S 1 2 4 に進む。1 7 P P - P R - S I S O 復号部 3 7 1 は、ステップ S 1 2 4 において、N R Z I 符号化および P R 2 チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現と、1 7 P P 符号化部 1 7 1 が有する 1 7 P P 符号の符号化テーブル 2 0 1 に基づいて求められる 1 7 P P 符号のトレリス表現を一体化させた、1 7 P P および P R 1 2 2 1 チャンネルの合成トレリス表現を求め、求められた 1 7 P P および P R 1 2 2 1 チャンネルの合成トレリス表現に基づいて、例えば、ビタビ復号アルゴリズムや B C J R 復号アルゴリズムを用いて、P R 通信路 1 2 からの信号を S I S O 復号し、ステップ S 1 2 5 に進む。1 7 P P - P R - S I S O 復号部 3 7 1 は、ステップ S 1 2 5 において、S I S O 復号された信号（軟情報）をデインタリーバ 8 3 を介して、ターボ復号部 8 4 に供給し、ステップ S 1 2 6 に進む。

ターボ復号部 8 4 は、ステップ S 1 2 6 において、ターボ復号処理を実行する。なお、このターボ復号処理は、図 1 6 のステップ S 2 5 と同様の処理を行うため、その詳細な説明は、繰り返しになるので省略する。

以上のようにして、1 7 P P および P R 1 2 2 1 チャンネルの合成トレリス表現が求められ、1 7 P P および P R 1 2 2 1 チャンネルの合成トレリス表現に基づいて、ビタビ復号アルゴリズムや B C J R 復号アルゴリズムが用いられて、信号が S I S O 復号される。これにより、図 2 7 に示されるように、復号性能を向上させることができる。

図 2 7 は、図 5 の記録再生装置 1 5 1 と図 2 1 の記録再生装置 3 5 1 におけるそれぞれの復号性能の比較結果を示している。なお、上述したように、記録再生装置 1 5 1 の復号処理は、N R Z I 符号化および P R 1 2 2 1 チャンネルのトレリス表現と、1 7 P P 符号のトレリス表現を併用して実行されている。記録再生装置 3 5 1 の復号処理は、1 7 P P 符号と P R 1 2 2 1 チャンネルの合成トレリス表

現を用いて実行されている。

図 27 の例において、縦軸は、ビットエラーレートを示し、横軸は、信号対雑音電力比を示し、実線は、NRZ I 符号化および PR 1 2 2 1 チャネルのトレリス表現と、1 7 P P 符号のトレリス表現を併用して復号処理が実行される記録再生装置 1 5 1 の復号性能を表すビットエラーレートであり、点線は、1 7 P P 符号と PR 1 2 2 1 チャネルの合成トレリス表現に基づいて復号処理が実行される記録再生装置 3 5 1 の復号性能を表すビットエラーレートである。また、図 27 においては、ターボ符号 1 符号あたりの情報ビット数は、1 1 7 4 ビットとし、ターボ符号の符号化率は、 $19/20$  とし、繰り返し復号回数は、1 0 回として

10 いる。

したがって、図 27 のビットエラーレート  $= 10^{-5}$  においては、図 5 の記録再生装置 1 5 1 の信号対雑音電力比が、およそ 10.7 (dB) であるのに対して、図 21 の記録再生装置 3 5 1 の信号対雑音電力比は、およそ 10.2 (dB) であることが示されている。これにより、記録再生装置 3 5 1 においては、

15 1 7 P P 符号と PR 1 2 2 1 チャネルの合成トレリス表現を用いることにより、NRZ I 符号化および PR 1 2 2 1 チャネルのトレリス表現と、1 7 P P 符号のトレリス表現を併用した記録再生装置 1 5 1 よりも、0.5 (dB) 程度の符号化利得が得られることがわかる。

以上のように、PR-SISO 復号部 8 1 および 1 7 P P-SISO 復号部 1

20 8 1 を、図 21 に示されるように、1 つのブロック (1 7 P P-PR-SISO 復号部 3 7 1) として構成し、1 7 P P 符号と PR 1 2 2 1 チャネルの合成トレリス表現を用いることにより、1 7 P P 符号の出力ではあり得ない状態遷移や、同じ結果になる状態遷移などが演算されなくなるので、演算処理が軽減され、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にもさらに扱いやすくなり、最適な復号が実

25 行される。これにより、PR 1 2 2 1 チャネルのトレリス表現および 1 7 P P 符号のトレリス表現を用いて信号をそれぞれ復号するよりも、復号性能がさらに向上する。

なお、図 21 の記録再生装置 351 においては、17PP 符号とターボ符号の両方が併用される例について説明したが、図 19 の記録再生装置 251 のように、17PP 符号と LDPC 符号を用いた場合にも、17PP 符号と PR1221 チャンネルの合成トレリス表現を用いてもよい。

- 5     また、図 21 の記録再生装置 351 においては、PR 通信路 12 において、PR1221 の記録再生チャンネルで記録再生処理が行われ、17PP-PR-SISO 復号部 371 において、17PP 符号と PR1221 チャンネルの合成トレリス表現に基づいて、SISO 復号処理が行われるように説明したが、PR 通信路 12 の記録再生チャンネルは、PR1221 チャンネルに制限されない。すなわち、
- 10    例えば、PR 通信路 12 において、PR121 (PR2) の記録再生チャンネルで記録再生処理が行われる場合には、17PP-PR-SISO 復号部 371 において、17PP 符号と PR121 チャンネルの合成トレリス表現に基づいて、SISO 復号処理が行われる。

- 図 28 および図 29 を参照して、17PP 符号と PR121 チャンネルの合成トレリス表現について説明する。なお、17PP 符号と PR121 チャンネルの合成トレリス表現は、図 12 乃至図 14 を参照して上述した 15 状態からなる 17PP 符号のトレリス表現と、例えば、図 5 の PR 通信路 12 が PR121 の記録再生チャンネルでの記録再生処理を行う場合に、図 5 の PR-SISO 復号部 81 により用いられる図示せぬ 4 状態からなる PR121 チャンネルのトレリス表現とが
- 20    合成されて、表現されるものである。

- 図 28 および図 29 は、17PP 符号と PR121 チャンネルの合成トレリス表現を表に表した状態遷移表を示している。なお、17PP 符号と PR121 チャンネルの合成トレリス表現も、図 24 および図 25 を参照して説明した 17PP 符号と PR1221 チャンネルの合成トレリス表現のように表されるが、説明の便宜
- 25    上省略する。

図 28 および図 29 においては、図中右側より順に、「現時刻状態」、「現時刻入力」、「次時刻状態」および「現時刻出力」が示されている。「現時刻状

態」および「次時刻状態」において、左側の数字は、17PP符号の状態（ステート）Sを示しており、右側の数字は、PR121チャンネルの状態（ステート）sを示している。なお、以下、17PP符号の状態と、PR121チャンネルの状態を区別するため、17PP符号の状態は、S（大文字）を用いて表し、PR121チャンネルの状態は、s（小文字）を用いて表す。

したがって、図28および図29の例においては、現在の17PP符号の状態がS0であり、PR121チャンネルの状態がs1である場合に、01が入力されると、2, 2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャンネルの状態がs0になることが示され、10が入力されると、2, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャンネルの状態がs2になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS0であり、PR121チャンネルの状態がs1である場合に、00が入力されると、2, 4, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR121チャンネルの状態がs3になるか、または、2, 2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR121チャンネルの状態がs0になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS0であり、PR121チャンネルの状態がs1である場合に、11が入力されると、2, 4, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS3になり、PR121チャンネルの状態がs3になるか、または、2, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR121チャンネルの状態がs2になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS0であり、PR121チャンネルの状態がs2である場合に、01が入力されると、-2, -2, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャンネルの状態がs3になることが示され、10が入力されると、-2, -4, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャンネルの状態がs1になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS0であり、PR121チャンネルの状

態が s 2 である場合に、0 0 が入力されると、- 2, - 4, - 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 5 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 になるか、または、- 2, - 2, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 4 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 になることが示されている。

- 5 現在の 1 7 P P 符号の状態が S 0 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 2 である場合に、1 1 が入力されると、- 2, - 4, - 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 3 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 になるか、または、- 2, - 4, - 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 1 になることが示されている。

- 10 現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 である場合に、0 1 が入力されると、- 4, - 2, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 になることが示され、1 0 が入力されると、- 4, - 4, - 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 0 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 1 になることが示されている。
- 15 現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 である場合に、0 0 が入力されると、- 4, - 4, - 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 5 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 になるか、または、- 4, - 2, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 4 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 になることが示されている。

- 20 現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 である場合に、1 1 が入力されると、- 2, 2, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 2 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 2 になるか、または、- 4, - 4, - 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 1 になることが示されている。

- 25 現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 である場合に、0 1 が入力されると、4, 2, - 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 になることが示

され、10が入力されると、4, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャネルの状態がs2になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS1であり、PR121チャネルの状態がs3である場合に、00が入力されると、4, 4, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR121チャネルの状態がs3になるか、または、4, 2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS1であり、PR121チャネルの状態がs3である場合に、11が入力されると、2, -2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS2になり、PR121チャネルの状態がs1になるか、または、4, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR121チャネルの状態がs2になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS2であり、PR121チャネルの状態がs1である場合に、01が入力されると、2, 2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS11になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示され、10が入力されると、2, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャネルの状態がs2になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS2であり、PR121チャネルの状態がs1である場合に、00が入力されると、2, 4, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR121チャネルの状態がs3になるか、または、2, 2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS2であり、PR121チャネルの状態がs1である場合に、11が入力されると、2, 4, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS3になり、PR121チャネルの状態がs3になるか、または、2, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR121チャネルの状態がs2になることが示されている。



現在の17PP符号の状態がS2であり、PR121チャネルの状態がs2である場合に、01が入力されると、-2, -2, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS11になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示され、10が入力されると、-2, -4, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャネルの状態がs1になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS2であり、PR121チャネルの状態がs2である場合に、00が入力されると、-2, -4, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR121チャネルの状態がs0になるか、または、-2, -2, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS2であり、PR121チャネルの状態がs2である場合に、11が入力されると、-2, -4, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS3になり、PR121チャネルの状態がs0になるか、または、-2, -4, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR121チャネルの状態がs1になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS3であり、PR121チャネルの状態がs0である場合に、01が入力されると、-4, -2, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS11になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示され、10が入力されると、-4, -4, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャネルの状態がs1になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS3であり、PR121チャネルの状態がs0である場合に、00が入力されると、-4, -4, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS5になり、PR121チャネルの状態がs0になるか、または、-4, -2, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS3であり、PR121チャネルの状態がs0である場合に、11が入力されると、-2, 2, 2が出力されて、次の時刻の17P

P符号の状態がS 2になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 2になるか、または、  
- 4, - 4, - 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 0になり、  
PR 1 2 1チャンネルの状態がs 1になることが示されている。

現在の1 7 P P符号の状態がS 3であり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 3で  
5 ある場合に、0 1が入力されると、4, 2, - 2が出力されて、次の時刻の1 7  
P P符号の状態がS 1 1になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 0になることが  
示され、1 0が入力されると、4, 4, 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符  
号の状態がS 0になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 2になることが示されて  
いる。現在の1 7 P P符号の状態がS 3であり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs  
10 3である場合に、0 0が入力されると、4, 4, 4が出力されて、次の時刻の1  
7 P P符号の状態がS 5になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 3になるか、ま  
たは、4, 2, - 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 4になり、  
PR 1 2 1チャンネルの状態がs 0になることが示されている。現在の1 7 P P符  
号の状態がS 3であり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 3である場合に、1 1が  
15 入力されると、2, - 2, - 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態が  
S 2になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 1になるか、または、4, 4, 2が  
出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 0になり、PR 1 2 1チャネ  
ルの状態がs 2になることが示されている。

現在の1 7 P P符号の状態がS 4であり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 0で  
20 ある場合に、0 0が入力されると、- 2, 2, 4が出力されて、次の時刻の1 7  
P P符号の状態がS 6になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 3になることが示  
され、1 0が入力されると、- 4, - 4, - 4が出力されて、次の時刻の1 7 P  
P符号の状態がS 1になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 0になることが示さ  
れ、1 1が入力されると、- 2, 2, 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号  
25 の状態がS 1になり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 3になることが示されてい  
る。

現在の1 7 P P符号の状態がS 4であり、PR 1 2 1チャンネルの状態がs 3で

ある場合に、00が入力されると、2, -2, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS6になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示され、10が入力されると、4, 4, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示され、

5 11が入力されると、2, -2, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS5であり、PR121チャネルの状態がs0である場合に、00が入力されると、-2, 2, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS7になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示され、01が入力されると、-2, 2, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示されている。

10

現在の17PP符号の状態がS5であり、PR121チャネルの状態がs3である場合に、00が入力されると、2, -2, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS7になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示され、01が入力されると、2, -2, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示されている。

15

現在の17PP符号の状態がS6であり、PR121チャネルの状態がs0である場合に、01が入力されると、-2, 2, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示され、00が入力されると、-2, 2, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS8になり、PR121チャネルの状態がs3になるか、または、-4, -4, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS9になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示されている。

20

25

現在の17PP符号の状態がS6であり、PR121チャネルの状態がs3である場合に、01が入力されると、2, -2, -4が出力されて、次の時刻の1

7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 になることが示され、0 0 が入力されると、2, -2, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 8 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 になるか、または、4, 4, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 9 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 3 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 7 であり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 である場合に、1 1 が入力されると、-2, 2, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 3 になることが示され、1 0 が入力されると、-2, 2, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 8 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 3 になるか、または、-4, -4, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 9 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 7 であり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 3 である場合に、1 1 が入力されると、2, -2, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 になることが示され、1 0 が入力されると、2, -2, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 8 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 になるか、または、4, 4, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 9 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 3 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 8 であり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 である場合に、0 0 が入力されると、-2, 2, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 3 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 8 であり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 3 である場合に、0 0 が入力されると、2, -2, -4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 になり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 9 であり、P R 1 2 1 チャンネルの状態が s 0 で

ある場合に、01が入力されると、-4, -2, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示され、10が入力されると、-4, -4, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャネルの状態がs1になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS9であり、PR121チャネルの状態がs0である場合に、11が入力されると、-2, 2, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS2になり、PR121チャネルの状態がs2になるか、または、-4, -4, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR121チャネルの状態がs1になることが示されている。

10 現在の17PP符号の状態がS9であり、PR121チャネルの状態がs3である場合に、01が入力されると、4, 2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示され、10が入力されると、4, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS0になり、PR121チャネルの状態がs2になることが示されている。

15 現在の17PP符号の状態がS9であり、PR121チャネルの状態がs3である場合に、11が入力されると、2, -2, -2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS2になり、PR121チャネルの状態がs1になるか、または、4, 4, 2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS10になり、PR121チャネルの状態がs2になることが示されている。

20 現在の17PP符号の状態がS10であり、PR121チャネルの状態がs1である場合に、01が入力されると、2, 2, 4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS12になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示されている。現在の17PP符号の状態がS10であり、PR121チャネルの状態がs2である場合に、01が入力されると、-2, -4, -4が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS12になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS11であり、PR121チャネルの状態がs0

である場合に、0 1が入力されると、- 4, - 2, 2が出力されて、次の時刻の  
1 7 P P符号の状態がS 1になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 3になること  
が示され、1 0が入力されると、- 4, - 4, - 2が出力されて、次の時刻の1  
7 P P符号の状態がS 0になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 1になることが  
5 示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 1 1であり、P R 1 2 1チャンネル  
の状態がs 0である場合に、1 1が入力されると、- 2, 2, 2が出力されて、  
次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 1 3になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs  
2になることが示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 1 1であり、P R  
1 2 1チャンネルの状態がs 0である場合に、0 0が入力されると、- 4, - 4,  
10 - 4が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 5になり、P R 1 2 1チ  
ャネルの状態がs 0になるか、または、- 4, - 2, 2が出力されて、次の時刻  
の1 7 P P符号の状態がS 4になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 3になるこ  
とが示されている。

現在の1 7 P P符号の状態がS 1 1であり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 3  
15 である場合に、0 1が入力されると、4, 2, - 2が出力されて、次の時刻の1  
7 P P符号の状態がS 1になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 0になることが  
示され、1 0が入力されると、4, 4, 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符  
号の状態がS 0になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 2になることが示されて  
いる。現在の1 7 P P符号の状態がS 1 1であり、P R 1 2 1チャンネルの状態が  
20 s 3である場合に、1 1が入力されると、2, - 2, - 2が出力されて、次の時  
刻の1 7 P P符号の状態がS 1 3になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 1にな  
ることが示されている。現在の1 7 P P符号の状態がS 1 1であり、P R 1 2 1  
チャンネルの状態がs 3である場合に、0 0が入力されると、4, 4, 4が出力さ  
れて、次の時刻の1 7 P P符号の状態がS 5になり、P R 1 2 1チャンネルの状態  
25 がs 3になるか、または、4, 2, - 2が出力されて、次の時刻の1 7 P P符号  
の状態がS 4になり、P R 1 2 1チャンネルの状態がs 0になることが示されてい  
る。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 2 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 である場合に、1 1 が入力されると、- 4, - 4, - 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 4 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 2 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 である場合に、1 1 が入力されると、4, 4, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 4 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 3 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 1 である場合に、1 0 が入力されると、2, 4, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 0 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 2 になることが示され、0 0 が入力されると、2, 4, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 5 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 3 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 1 である場合に、1 1 が入力されると、2, 4, 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 3 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 3 になるか、または、2, 4, 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 2 になることが示されている。

現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 3 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 2 である場合に、1 0 が入力されると、- 2, - 4, - 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 0 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 1 になることが示され、0 0 が入力されると、- 2, - 4, - 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 5 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 になることが示されている。現在の 1 7 P P 符号の状態が S 1 3 であり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 2 である場合に、1 1 が入力されると、- 2, - 4, - 4 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 3 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 0 になるか、- 2, - 4, - 2 が出力されて、次の時刻の 1 7 P P 符号の状態が S 1 0 になり、P R 1 2 1 チャネルの状態が s 1 になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS14であり、PR121チャネルの状態がs0である場合に、01が入力されると、-4,-2,2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示され、00が入力されると、-4,-2,2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR121チャネルの状態がs3になることが示されている。

現在の17PP符号の状態がS14であり、PR121チャネルの状態がs3である場合に、01が入力されると、4,2,-2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS1になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示され、00が入力されると、4,2,-2が出力されて、次の時刻の17PP符号の状態がS4になり、PR121チャネルの状態がs0になることが示されている。

以上のように、17PP符号およびPR121チャネルの合成トレリス表現は、図28および図29の状態遷移表に示される順に、(17PP符号の状態, PR121チャネルの状態)が、(S0, s1), (S0, s2), (S1, s0), (S1, s3), (S2, s1), (S2, s2), (S3, s0), (S3, s3), (S4, s0), (S4, s3), (S5, s0), (S5, s3), (S6, s0), (S6, s3), (S7, s0), (S7, s3), (S8, s0), (S8, s3), (S9, s0), (S9, s3), (S10, s1), (S10, s2), (S11, s0), (S11, s3), (S12, s0), (S12, s3), (S13, s1), (S13, s2), (S14, s0), および (S14, s3) の状態の30状態により構成することができ、このトレリス表現も、図10を参照して上述した21状態のトレリス表現と同様に、連続する時刻で連結させることにより、図11の例の場合と同様に、符号化過程全体の各状態遷移と1対1に対応したパスで表現されるトレリス表現が求められる。したがって、簡単に、ビタビ復号やBCJR復号を行うことができる。

また、17PP符号のトレリス表現は、15状態により構成され、NRZI符



号化およびPR1221チャンネルのトレリス表現は、4状態により構成される。

17PP符号のトレリス表現とPR1221チャンネルのトレリス表現を単純に組み合わせた場合には、60状態ある状態が、17PP符号のトレリス表現と、NRZI符号化およびPR121チャンネルのトレリス表現を合成することにより、

- 5 30状態まで削減される。すなわち、17PP符号のトレリス表現と、PR1221チャンネルの合成トレリス表現と同様に、図5の記録再生装置151のPR-SISO復号部81では演算されていた、17PPの出力ではあり得ない状態遷移や、同じ結果になる状態遷移などが演算されないで、演算処理が軽減され、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にもさらに扱いやすくなり、さらに、復号性能も向上する。

なお、上記説明においては、各復号部において、SISO復号する際にトレリス表現を求めるように説明したが、もちろん、予め求められているトレリス表現に基づいて、SISO復号するようにしてもよい。

- また、上記説明においては、記録再生装置において符号化処理、および復号処理を実行する場合について説明したが、本発明は、記録再生処理を行う場合のみに限定されず、ネットワークを介して符号化信号を伝送する伝送システムにおいて実行される符号化処理および復号処理にも適用することができる。

- 上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。この場合、例えば、図5の記録再生装置151、図19の記録再生装置251、図20の記録再生装置301、および図21の記録再生装置351は、図30に示されるような記録再生装置401により構成される。

- 図30において、CPU (Central Processing Unit) 411は、ROM (Read Only Memory) 412に記憶されているプログラム、または、記憶部418からRAM (Random Access Memory) 413にロードされたプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM 413にはまた、CPU 411が各種の処理を実行する上において必要なデータなどが適宜記憶される。

CPU 4 1 1、ROM 4 1 2、およびRAM 4 1 3は、バス 4 1 4を介して相互に接続されている。このバス 4 1 4にはまた、入出力インタフェース 4 1 5も接続されている。

入出力インタフェース 4 1 5には、キーボード、マウスなどよりなる入力部 4 1 6、CRT (Cathode Ray Tube)、LCD (Liquid Crystal Display) などよりなるディスプレイ、並びにスピーカなどよりなる出力部 4 1 7、ハードディスクなどより構成される記憶部 4 1 8、モデム、ターミナルアダプタなどより構成される通信部 4 1 9が接続されている。通信部 4 1 9は、図示しないネットワークを介しての通信処理を行う。

- 10 入出力インタフェース 4 1 5にはまた、必要に応じてドライブ 4 2 0が接続され、磁気ディスク 4 2 1、光ディスク 4 2 2、光磁気ディスク 4 2 3、或いは半導体メモリ 4 2 4などが適宜装着され、それから読み出されたコンピュータプログラムが、必要に応じて記憶部 4 1 8にインストールされる。

- 15 一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば、汎用のパーソナルコンピュータなどに、ネットワークや記録媒体からインストールされる。

- 20 この記録媒体は、図 3 0に示されるように、装置本体とは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク 4 2 1 (フレキシブルディスクを含む)、光ディスク 4 2 2 (CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disk)を含む)<sup>1</sup>、光磁気ディスク 4 2 3 (MD (Mini-Disk) (商標)を含む)、もしくは半導体メモリ 4 2 4などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、装置本体に  
25 予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているROM 4 1 2や、記憶部 4 1 8に含まれるハードディスクなどで構成される。

なお、本明細書において、フローチャートに示されるステップは、記載された

順序に従って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

#### 産業上の利用可能性

- 5 本発明によれば、可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を、S I S O復号することができ、復号性能を向上することができる。また、本発明によれば、可変長テーブルに基づく変調符号と、ターボ符号またはLDPC符号を併用することができ、復号性能を向上することができる。

## 請求の範囲

1. 可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する復号装置において、

前記変調符号を入力する符号入力手段と、

- 5 前記符号入力手段により入力された前記変調符号の復号を行う復号手段とを備え、

前記復号手段は、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行う

- 10 ことを特徴とする復号装置。

2. 前記変調符号は、17PP (Parity Preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition Runlength) 変調符号である

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の復号装置。

3. 前記復号手段は、軟入力を用いて復号を行う

- 15 ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の復号装置。

4. 前記復号手段は、軟判定ビタビアルゴリズムを用いて復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の復号装置。

5. 前記復号手段は、軟出力復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第3項に記載の復号装置。

- 20 6. 前記復号手段は、BCJR (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) アルゴリズムを用いて復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第5項に記載の復号装置。

7. 前記復号手段は、SOVA (Soft-Output Viterbi Algorithm) を用いて復号を行う

- 25 ことを特徴とする請求の範囲第5項に記載の復号装置。

8. 前記符号入力手段は、PR (Partial Response) 特性に等化された前記変調符号を入力し、

前記復号手段は、前記PR特性のトレリスおよび前記変調符号のトレリスを合成した合成トレリスに基づいて、前記変調符号の復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載の復号装置。

9. 可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する復号方法において、

前記変調符号を入力する符号入力ステップと、

前記符号入力ステップの処理により入力された前記変調符号の復号を行う復号ステップと

を含み、

10. 前記復号ステップの処理では、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行う

ことを特徴とする復号方法。

10.

15. 可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する処理をコンピュータに行わせるプログラムが記録されているプログラム記録媒体であって、

前記変調符号を入力する符号入力ステップと、

前記符号入力ステップの処理により入力された前記変調符号の復号を行う復号ステップと

20. を含み、

前記復号ステップの処理では、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行う

ことを特徴とするプログラムが記録されているプログラム記録媒体。

25. 11. 可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する処理をコンピュータに行わせるプログラムであって、

前記変調符号を入力する符号入力ステップと、

前記符号入力ステップの処理により入力された前記変調符号の復号を行う復号ステップと

を含み、

- 前記復号ステップの処理では、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行うことを特徴とするプログラム。
- 5

## 補正書の請求の範囲

[2004年12月2日 (02.12.04) 国際事務局受理：出願当初の請求の範囲 1 及び 9-11 は 補正された；  
他の請求の範囲は変更なし。]

1. (補正後) 入力ビット長が可変長である可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する復号装置において、

前記変調符号を入力する符号入力手段と、

- 5 前記符号入力手段により入力された前記変調符号の復号を行う復号手段とを備え、

前記復号手段は、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行う

- 10 ことを特徴とする復号装置。

2. 前記変調符号は、1 7 P P (Parity Preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition Runlength) 変調符号である

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の復号装置。

3. 前記復号手段は、軟入力を用いて復号を行う

- 15 ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の復号装置。

4. 前記復号手段は、軟判定ビタビアルゴリズムを用いて復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の復号装置。

5. 前記復号手段は、軟出力復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第 3 項に記載の復号装置。

- 20 6. 前記復号手段は、B C J R (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) アルゴリズムを用いて復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第 5 項に記載の復号装置。

7. 前記復号手段は、S O V A (Soft-Output Viterbi Algorithm) を用いて復号を行う

- 25 ことを特徴とする請求の範囲第 5 項に記載の復号装置。

8. 前記符号入力手段は、P R (Partial Response) 特性に等化された前記変調符号を入力し、

前記復号手段は、前記 P R 特性のトレリスおよび前記変調符号のトレリスを合成した合成トレリスに基づいて、前記変調符号の復号を行う

ことを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の復号装置。

- 9・（補正後） 入力ビット長が可変長である可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する復号方法において、
- 5 前記変調符号を入力する符号入力ステップと、
- 前記符号入力ステップの処理により入力された前記変調符号の復号を行う復号ステップと
- を含み、
- 10 前記復号ステップの処理では、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行う
- ことを特徴とする復号方法。

- 10・（補正後） 入力ビット長が可変長である可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する処理をコンピュータに行わせるプログラムが記録されているプログラム記録媒体であって、
- 15 前記変調符号を入力する符号入力ステップと、
- 前記符号入力ステップの処理により入力された前記変調符号の復号を行う復号ステップと

- 20 を含み、
- 前記復号ステップの処理では、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行う
- ことを特徴とするプログラムが記録されているプログラム記録媒体。

- 25 11・（補正後） 入力ビット長が可変長である可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する処理をコンピュータに行わせるプログラムであって、



前記変調符号を入力する符号入力ステップと、

前記符号入力ステップの処理により入力された前記変調符号の復号を行う復号ステップと

を含み、

- 5 前記復号ステップの処理では、前記可変長テーブルに従って前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて前記変調符号の復号を行うことを特徴とするプログラム。

## 条約 19 条に基づく説明書

請求の範囲第 1 項、および第 9 項乃至第 11 項は、明細書第 8 頁第 16 行目乃至第 25 行目、および第 14 頁第 14 行目乃至第 16 行目の記載に基づき、入力ビット長が可変長である可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号が、変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現される変調符号のトレリスに基づいて復号されること、すなわち、対象となる変調符号には RLL 符号が含まれないことを明確にした。

この特徴的な構成は、いずれの引用文献にも開示されていない。

例えば、特開 2001-266498 号公報には、符号化テーブルの入力が固定ビット長である RLL 符号を、トレリスに基づいて復号すること（すなわち、本発明の明細書の背景技術に記載の図 2 の記録再生装置と基本的に同様の構成）が開示されているだけであり、符号化テーブルの入力が固定ビット長ではない変調符号（例えば、17PP 変調符号）をトレリスに基づいて復号する点については開示されていない。

また、特開 2000-68847 号公報には、可変長テーブルに基づいて、17PP 変調符号を構成することが開示されているだけであり、17PP 変調符号の復号時にトレリスを用いることに関しては一切開示されていない。

したがって、本発明は、これらの引用文献に記載の発明単独の場合は勿論、仮に、それらの発明を寄せ集めたとしても、当業者が容易に想到できたとは認められない。

本発明は、トレリスが容易に求められず、仮に求めることができたとしても全状態数が非常に多くかなり複雑になってしまうことから困難であった、入力ビット長が可変長である可変長テーブルを有する変調符号を SISO 復号できるようにし、復号性能を向上させる効果を得るものである。

図1

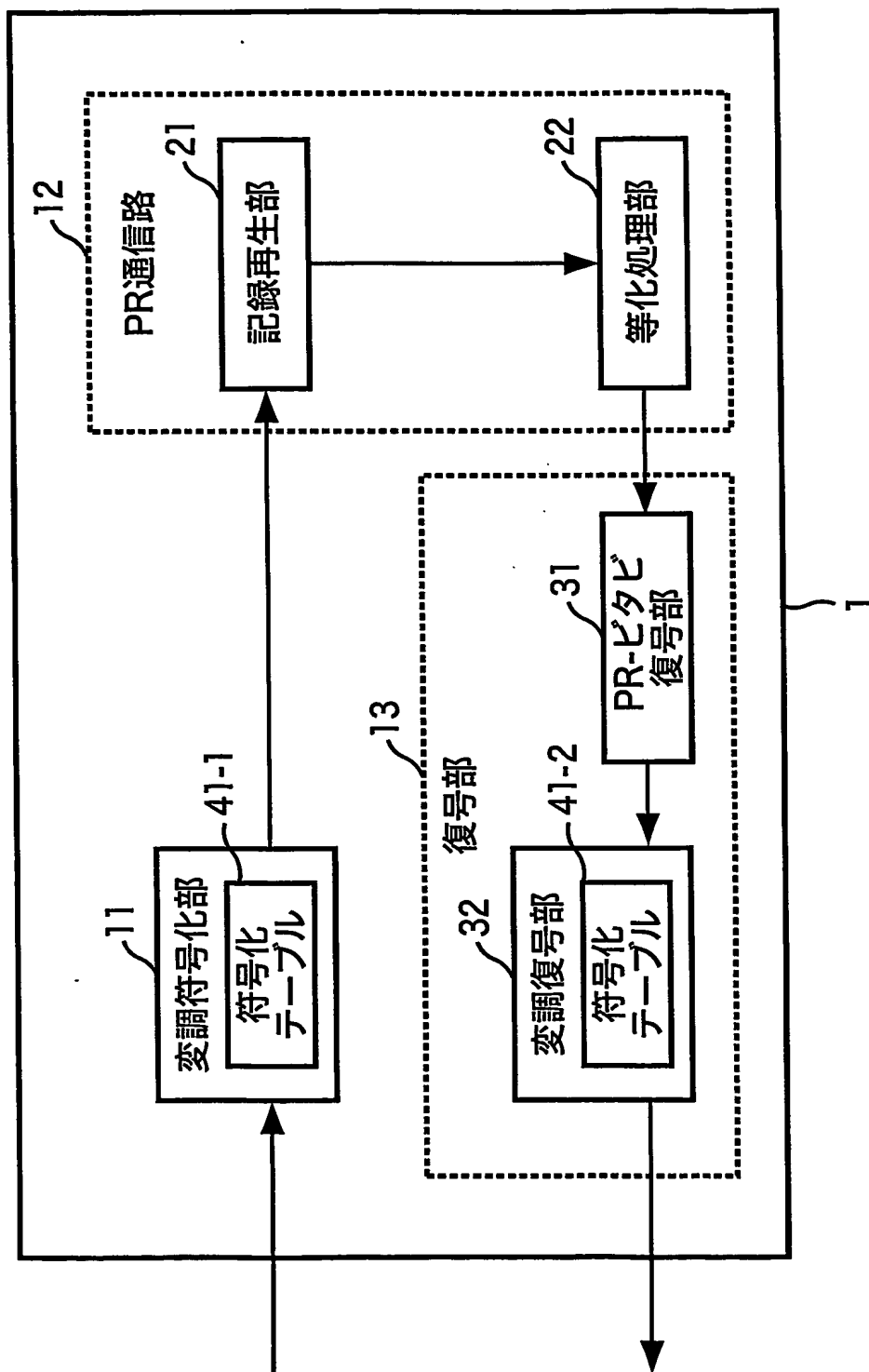
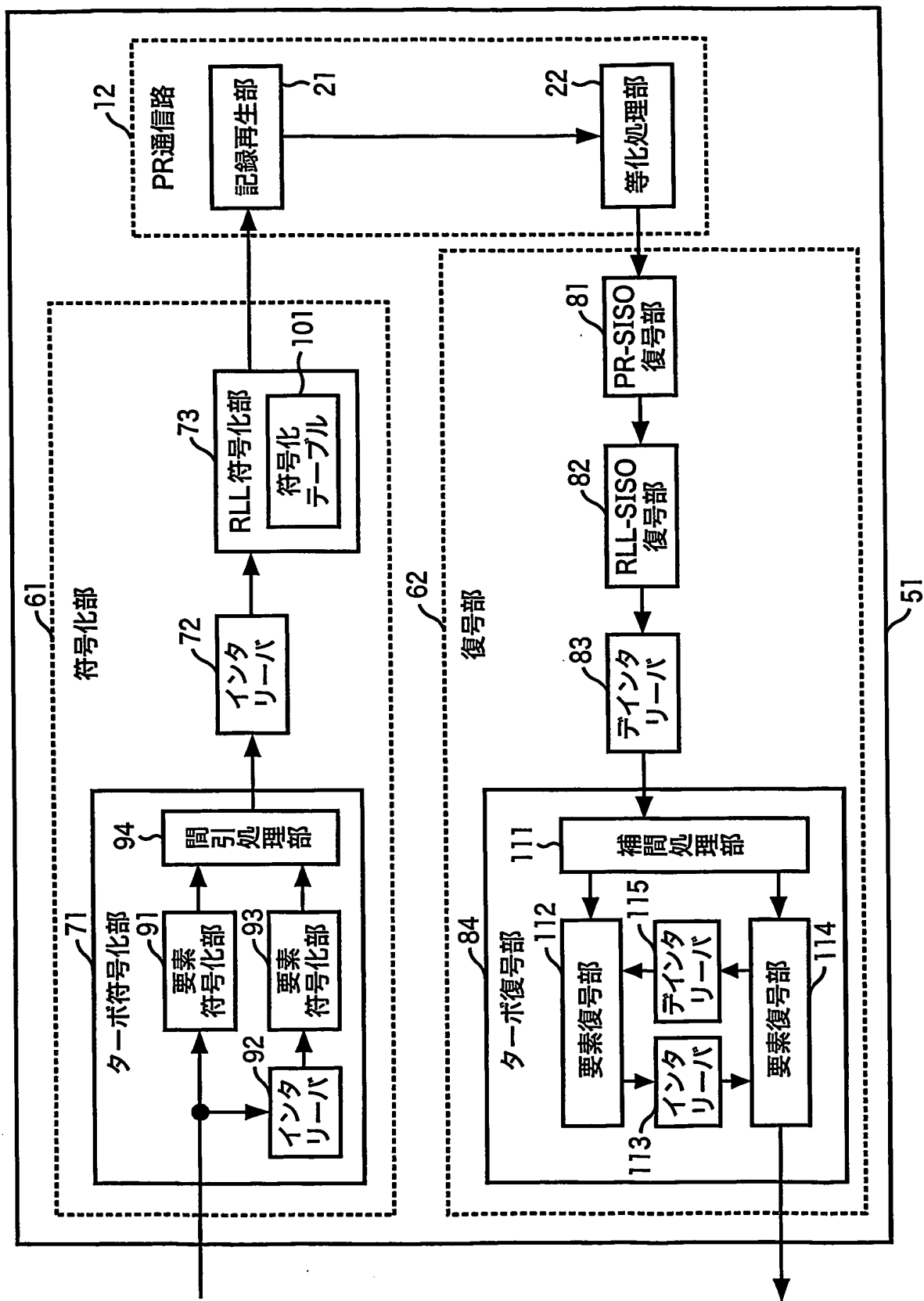


図 2



3/30

図 3

前時刻 状態	前時刻 出力	前時刻 入力	現時刻 出力	現時刻 入力	現時刻 状態
S0	0	00	001	00	S4
	0	00	001	01	S5
	0	00	000	10	S2
	0	00	000	11	S3
S1	0	01	001	00	S4
	0	01	001	01	S5
	0	01	000	10	S2
	0	01	000	11	S3
S2	0	10	101	00	S4
	0	10	101	01	S5
	0	10	010	10	S2
	0	10	010	11	S3
S3	0	11	010	00	S0
	0	11	100	01	S1
	0	11	100	10	S2
	0	11	100	11	S3
S4	1	00	001	00	S4
	1	00	001	01	S5
	1	00	010	10	S2
	1	00	010	11	S3
S5	1	01	010	00	S0
	1	01	000	01	S1
	1	01	000	10	S2
	1	01	000	11	S3

4/30

図 4

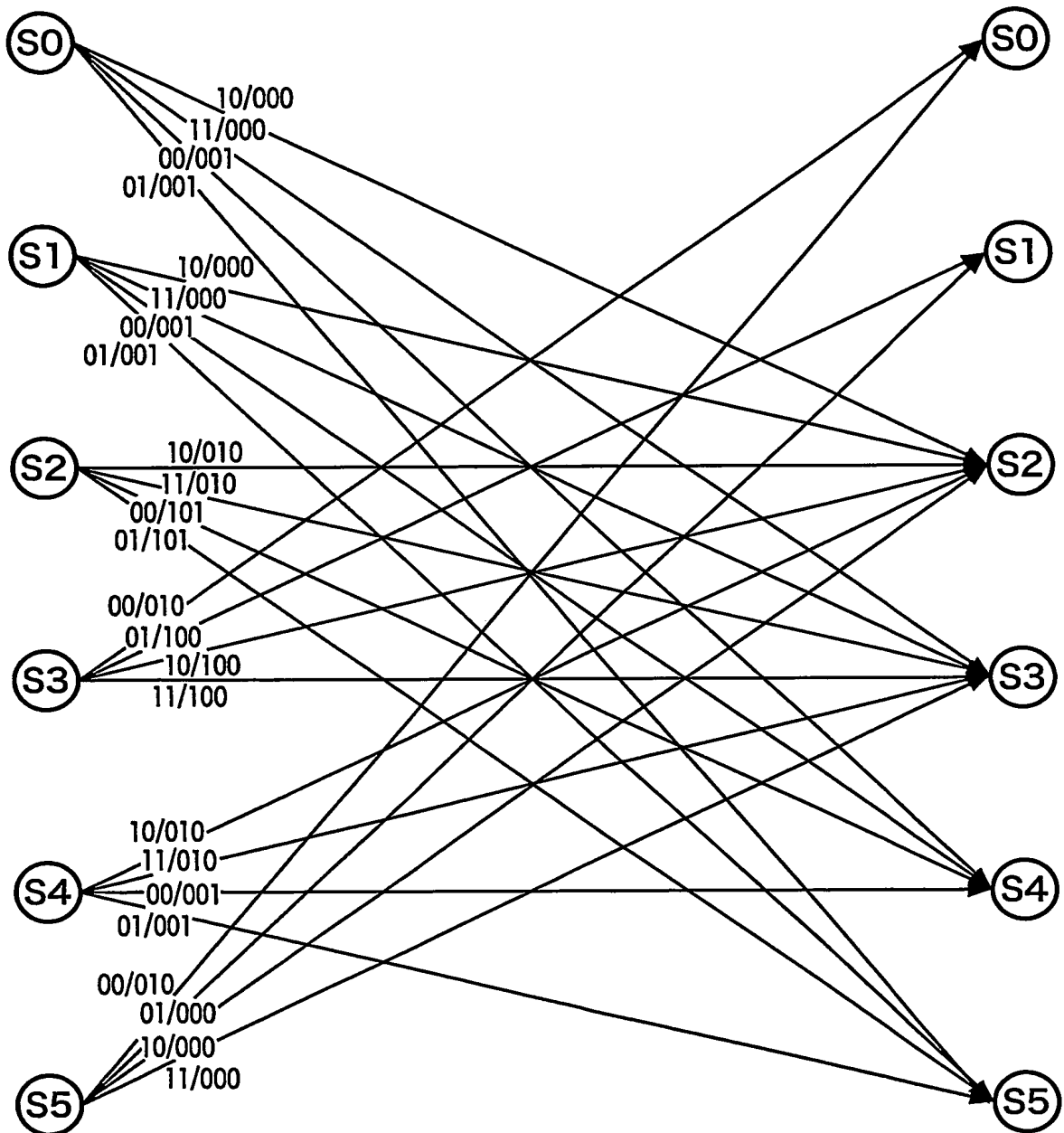
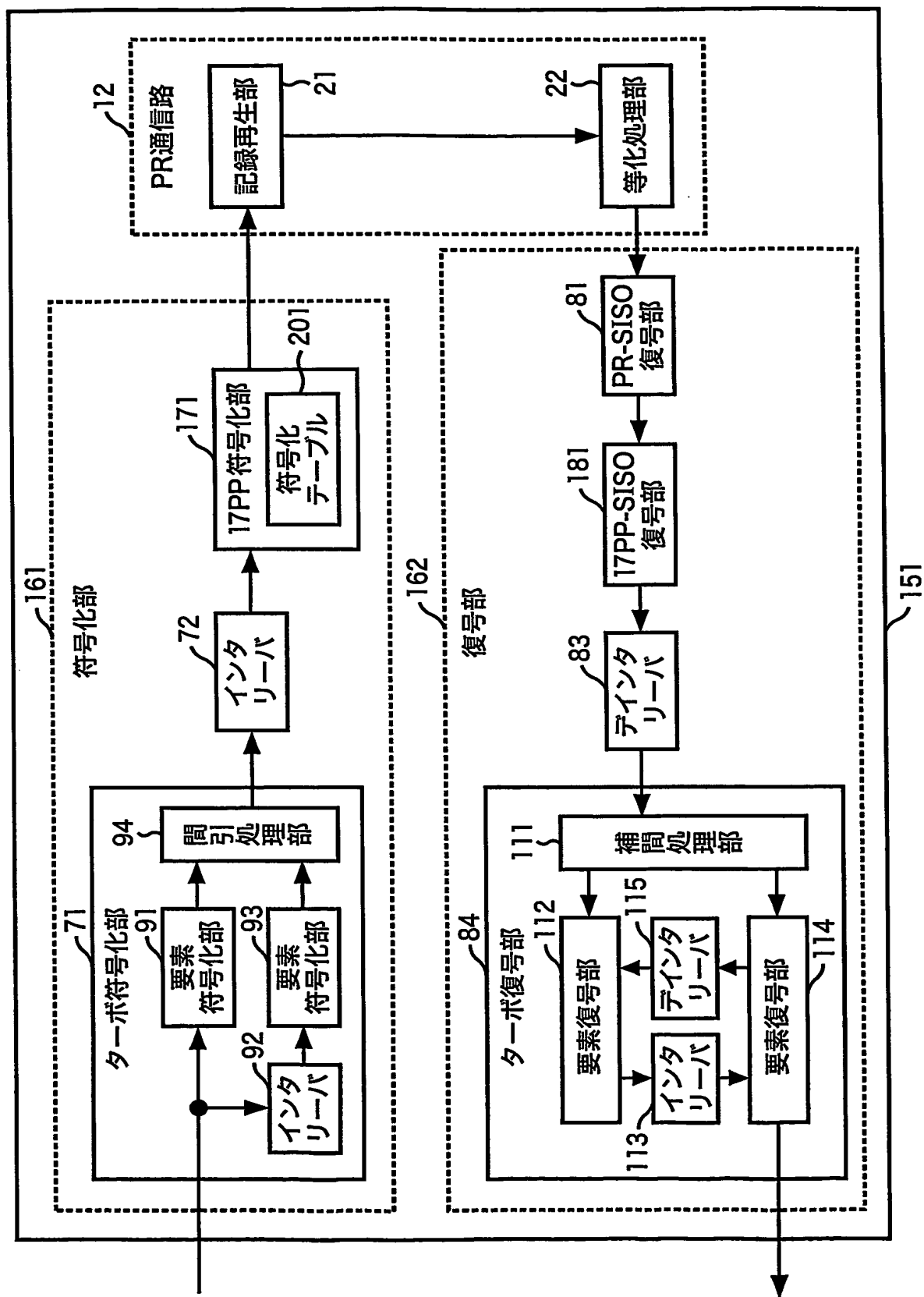


図5



6/30

図 6

211		
入力ビット列	出力ビット列	条件
00 00 00 00	010 100 100 100	
00 00 10 00	000 100 100 100	
00 00 00	010 100 000	
00 00 01	010 100 100	
00 00 10	000 100 000	
00 00 11	000 100 100	
00 01	000 100	
00 10	010 000	
00 11	010 100	
01	010	
10	001	
11	000	前時刻最終出力=1
	101	前時刻最終出力=0
212		
置換え入力ビット列	置換え出力ビット列	置換えの条件
11 01 11	001 000 000	次時刻出力ビット列=010
201		



7/30

図 7

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S0	01	S1	010
S0	10	S0	001
S0	00	S4	000
S0	00	S5	010
S0	00	S8	010
S0	00	S6	010
S0	00	S9	000
S0	00	S7	000
S0	11	S3	000
S0	11	S16	001
S1	01	S1	010
S1	10	S0	001
S1	00	S4	000
S1	00	S5	010
S1	00	S8	010
S1	00	S6	010
S1	00	S9	000
S1	00	S7	000
S1	11	S2	101
S1	11	S16	001
S2	01	S17	010
S2	10	S0	001
S2	00	S4	000
S2	00	S5	010
S2	00	S8	010
S2	00	S6	010
S2	00	S9	000
S2	00	S7	000
S2	11	S3	000
S2	11	S16	001

8/30

図 8

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S3	01	S17	010
S3	10	S0	001
S3	00	S4	000
S3	00	S5	010
S3	00	S8	010
S3	00	S6	010
S3	00	S9	000
S3	00	S7	000
S3	11	S2	101
S3	11	S16	001
S4	01	S1	100
S5	10	S1	000
S5	11	S1	100
S6	00	S10	100
S7	00	S11	100
S8	00	S12	100
S9	00	S13	100
S10	01	S1	100
S11	11	S1	100
S12	00	S14	100
S12	00	S15	000
S13	10	S14	100
S13	10	S15	000
S14	00	S1	100
S15	01	S1	010
S15	10	S0	001
S15	11	S2	101
S15	11	S16	001
S16	01	S18	000

9/30

図 9

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S17	01	S1	010
S17	10	S0	001
S17	11	S19	101
S17	00	S4	000
S17	00	S5	010
S17	00	S8	010
S17	00	S6	010
S17	00	S9	000
S17	00	S7	000
S18	11	S20	000
S19	10	S0	001
S19	00	S4	000
S19	00	S9	000
S19	00	S7	000
S19	11	S3	000
S19	11	S16	001
S20	01	S1	010
S20	00	S5	010
S20	00	S8	010
S20	00	S6	010

10/30

図 10

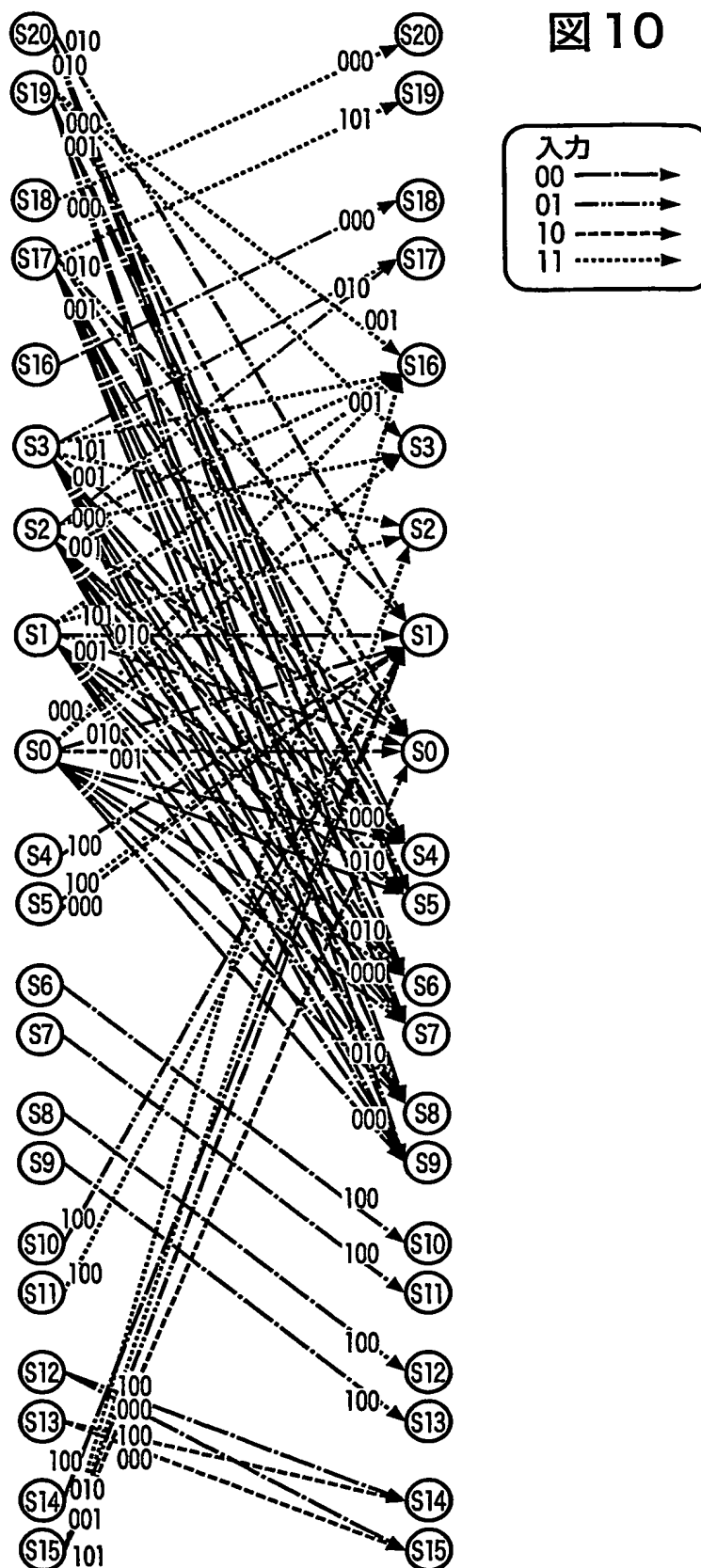
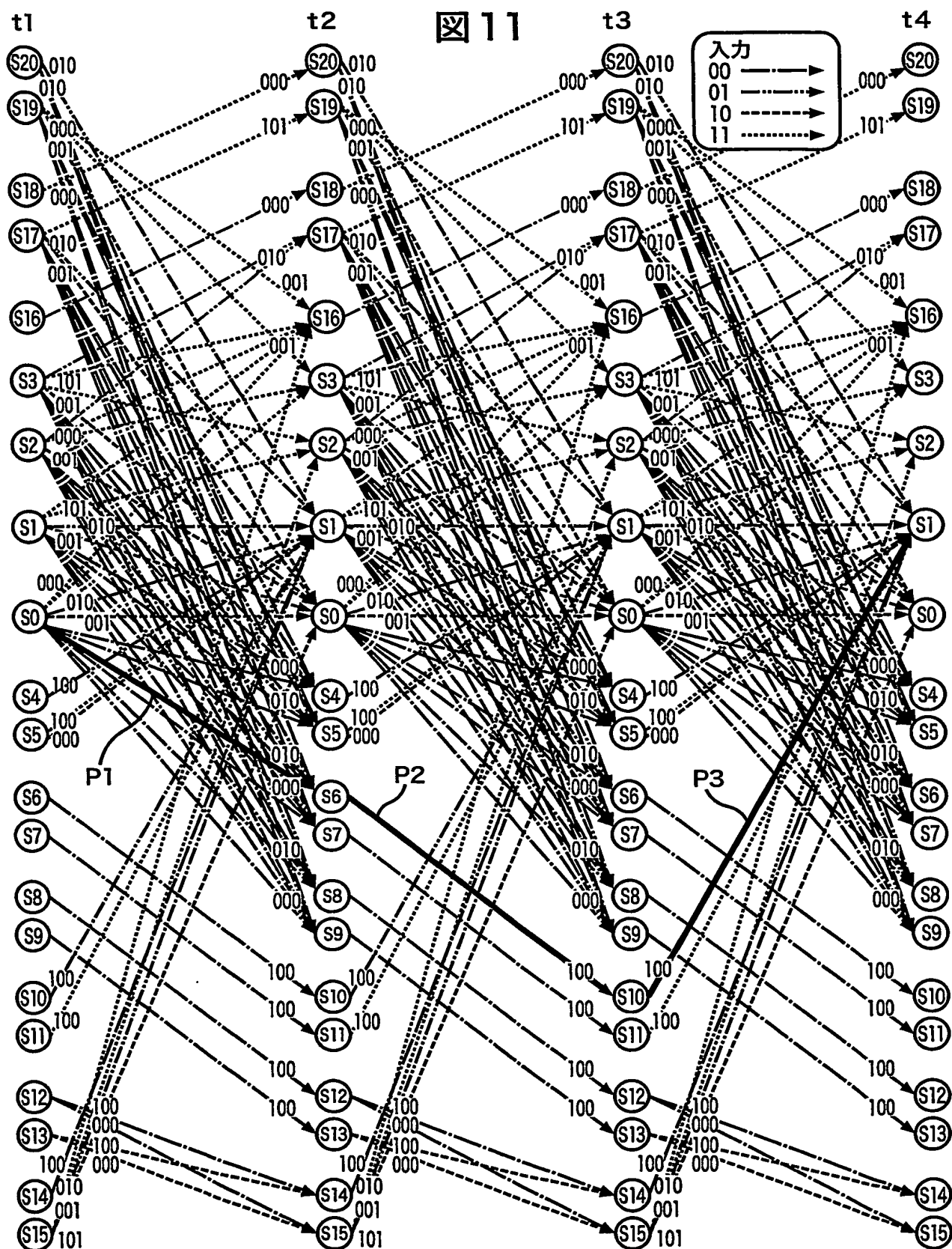


図 11



12/30

図 12

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S0	01	S1	010
S0	10	S0	001
S0	00	S5	000
S0	00	S4	010
S0	11	S3	000
S0	11	S10	001
S1	01	S1	010
S1	10	S0	001
S1	00	S5	000
S1	00	S4	010
S1	11	S2	101
S1	11	S10	001
S2	01	S11	010
S2	10	S0	001
S2	00	S5	000
S2	00	S4	010
S2	11	S3	000
S2	11	S10	001
S3	01	S11	010
S3	10	S0	001
S3	00	S5	000
S3	00	S4	010
S3	11	S2	101
S3	11	S10	001
S4	00	S6	100
S4	10	S1	000
S4	11	S1	100

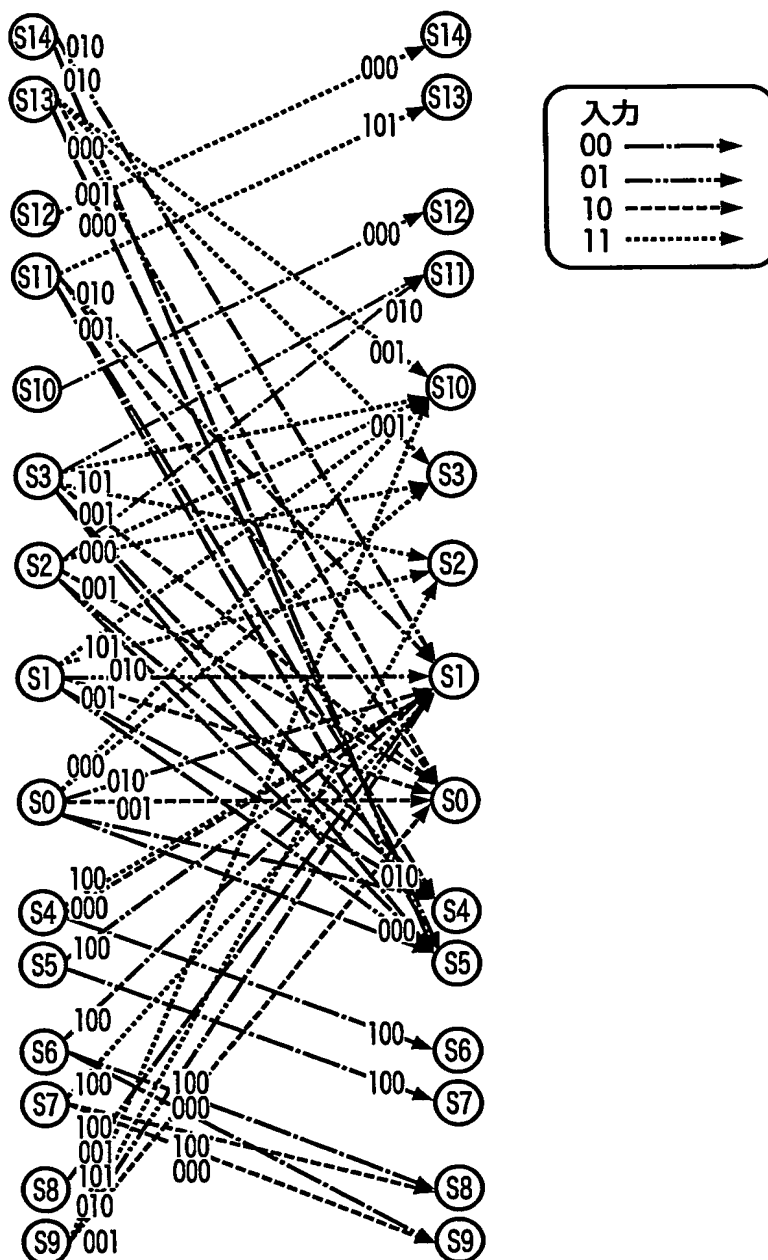
13/30

図 13

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S5	00	S7	100
S5	01	S1	100
S6	01	S1	100
S6	00	S8	100
S6	00	S9	000
S7	11	S1	100
S7	10	S8	100
S7	10	S9	000
S8	00	S1	100
S9	01	S1	010
S9	10	S0	001
S9	11	S2	101
S9	11	S10	001
S10	01	S12	000
S11	01	S1	010
S11	10	S0	001
S11	11	S13	101
S11	00	S5	000
S11	00	S4	010
S12	11	S14	000
S13	10	S0	001
S13	00	S5	000
S13	11	S3	000
S13	11	S10	001
S14	01	S1	010
S14	00	S4	010

14/30

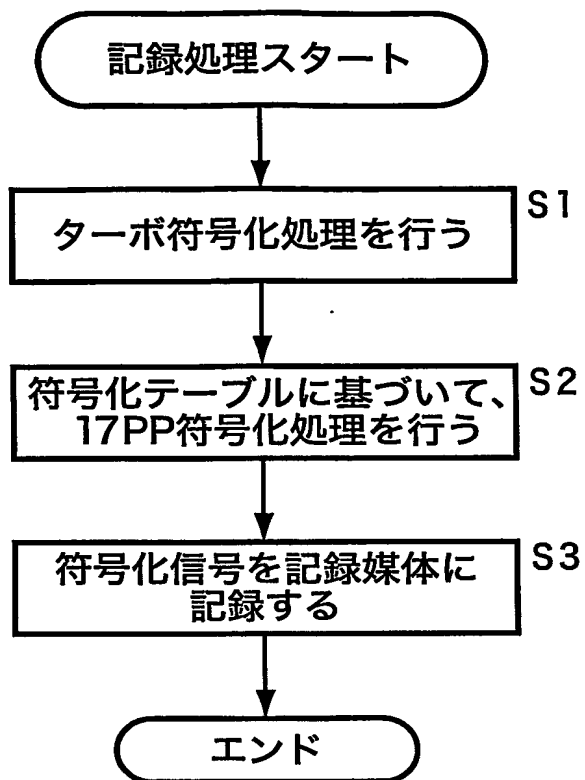
図 14





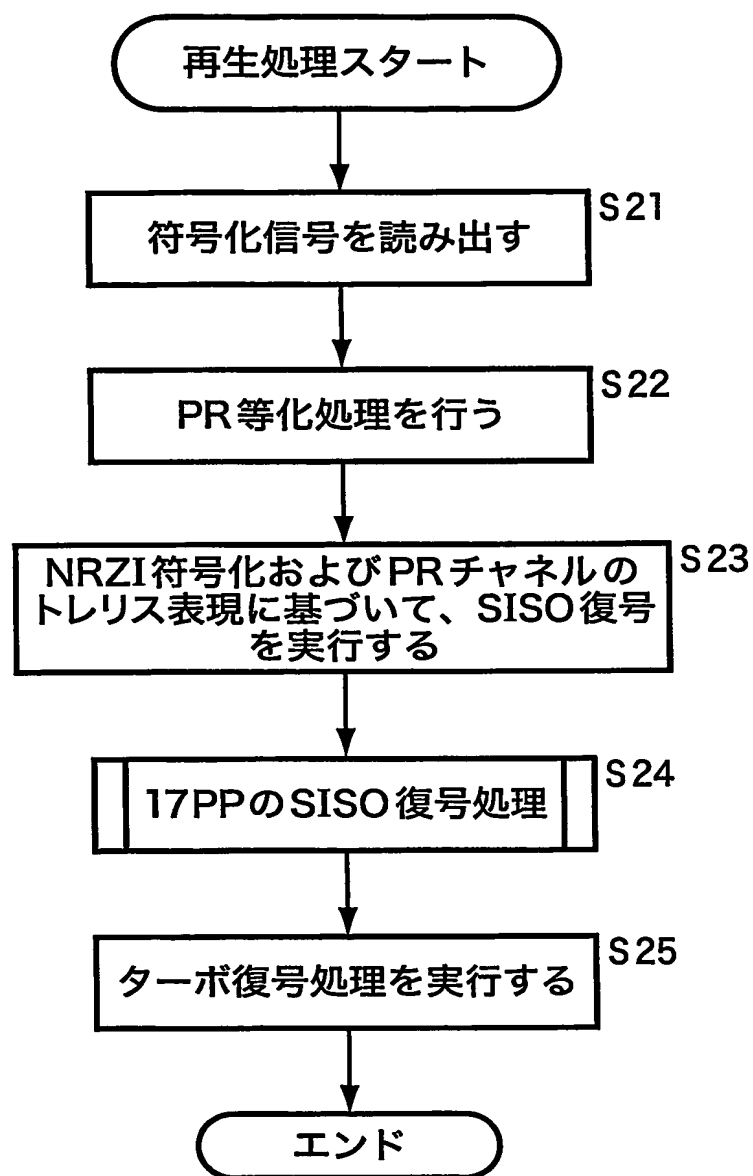
15/30

図 15



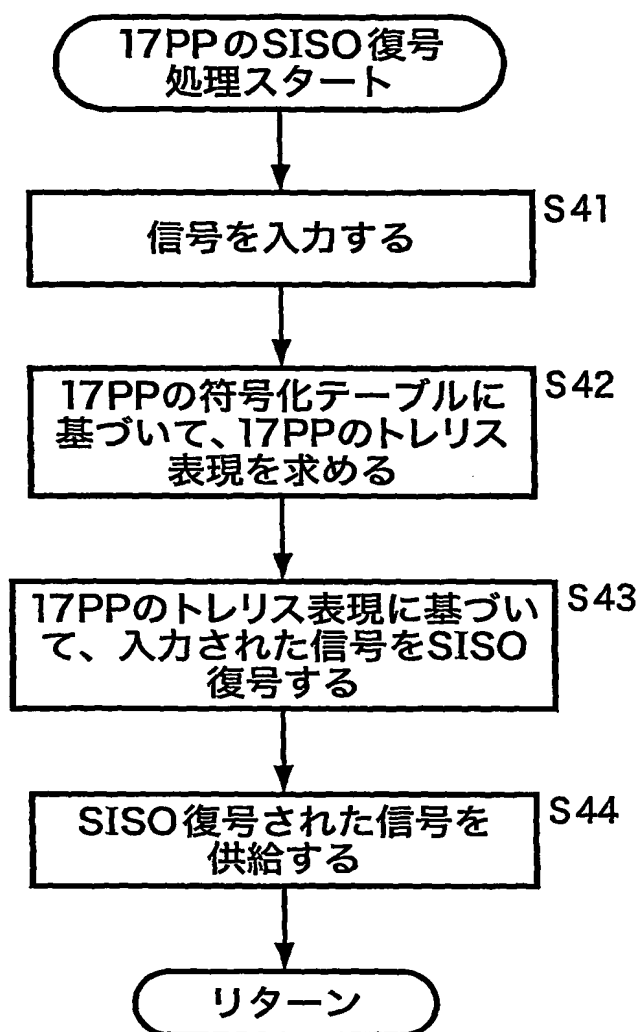
16/30

図 16



17/30

図 17



18/30

図 18

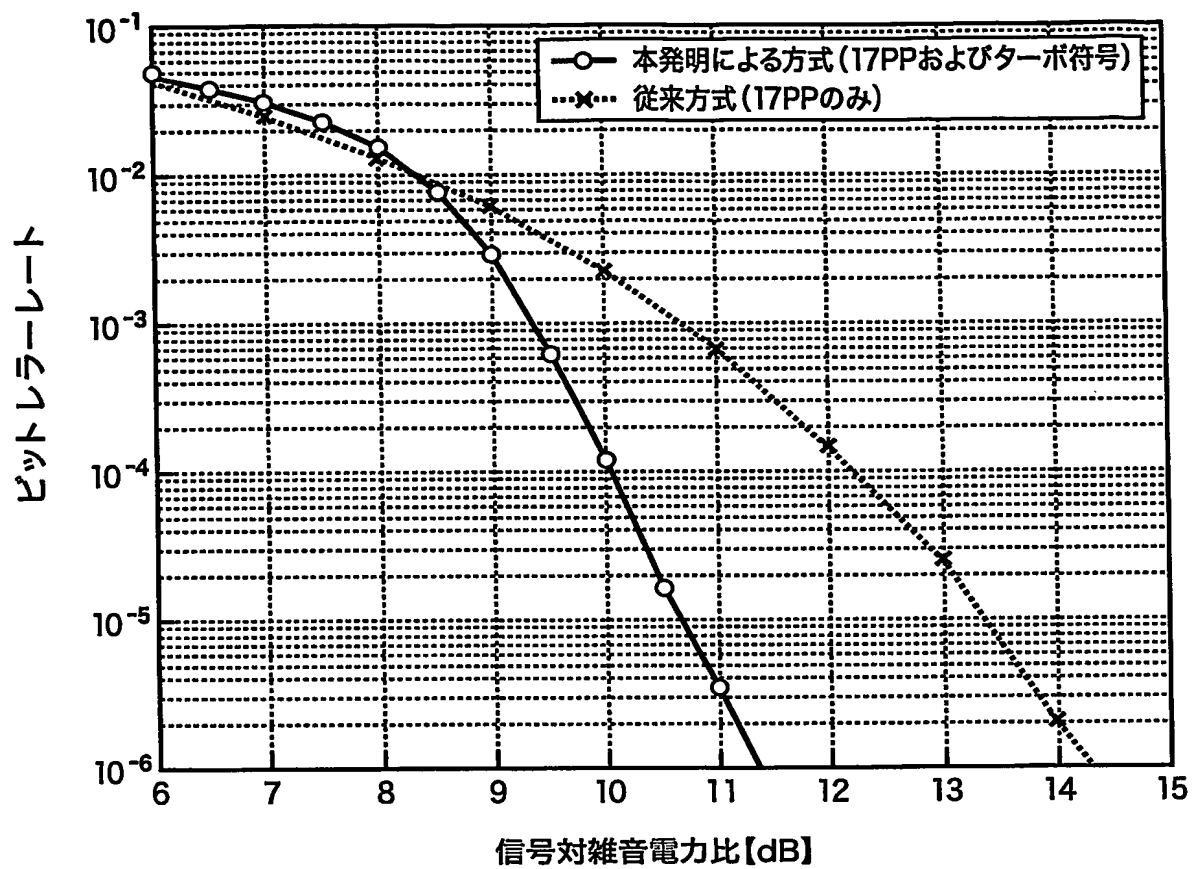


図19

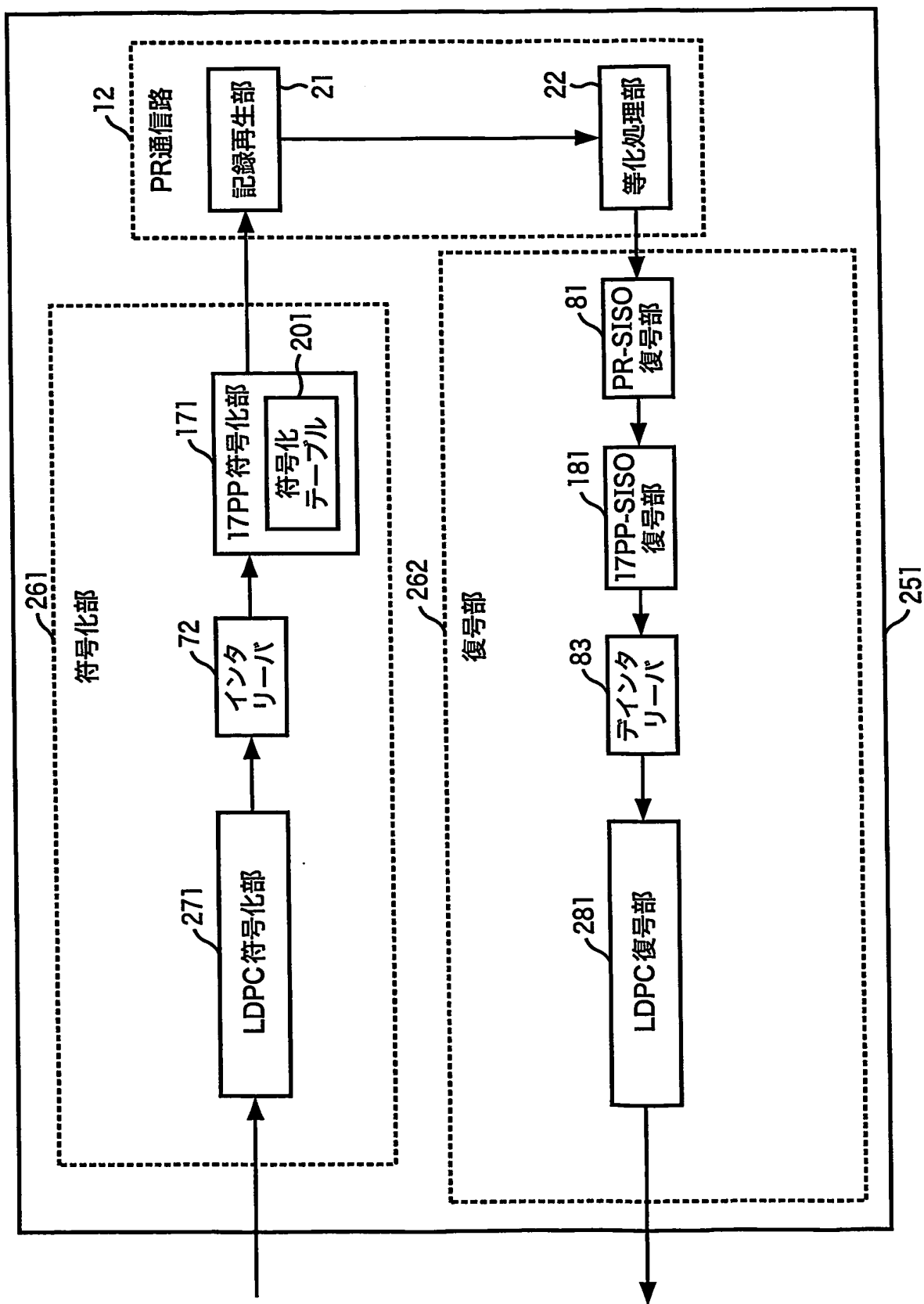


図 20

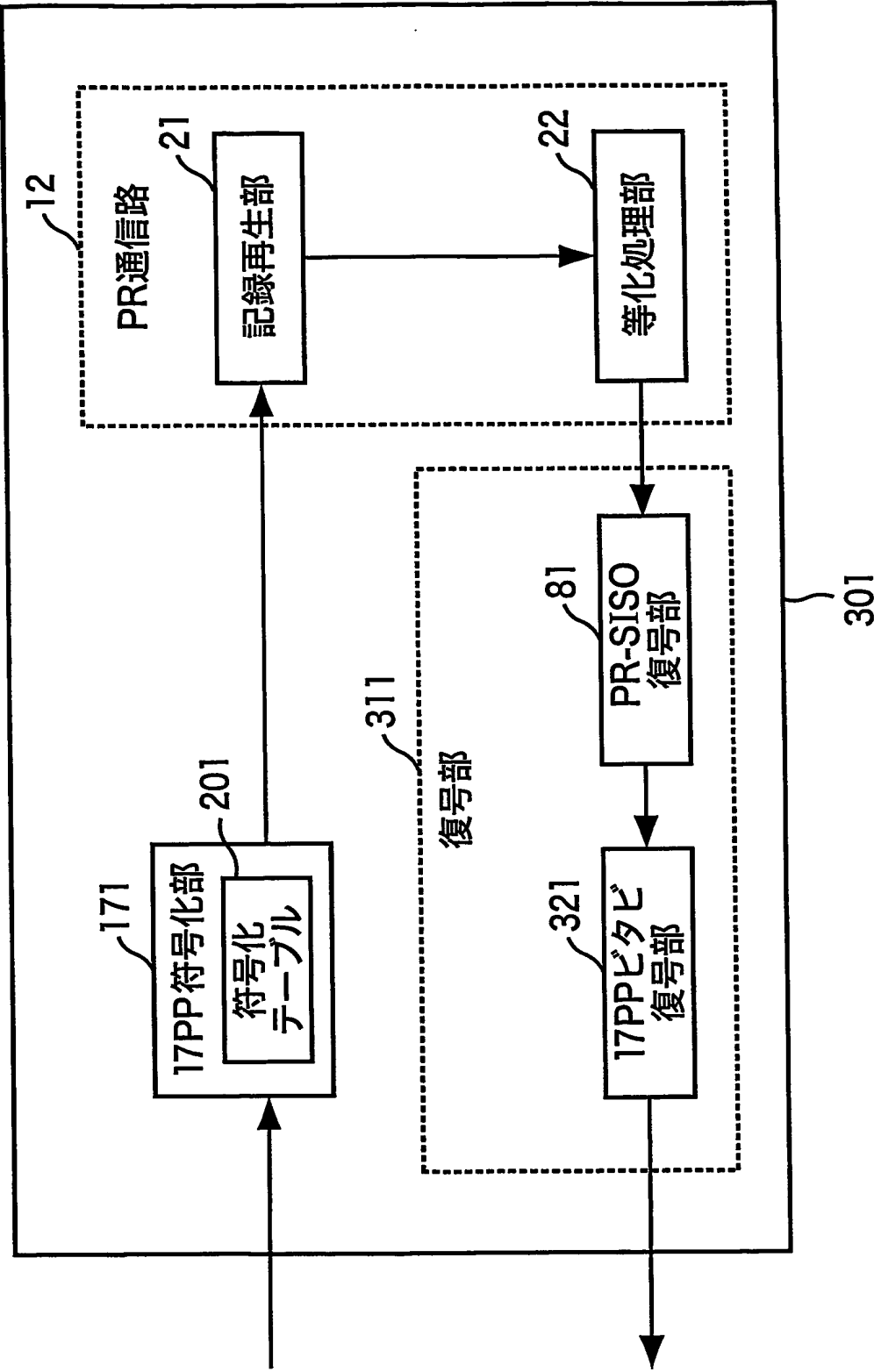
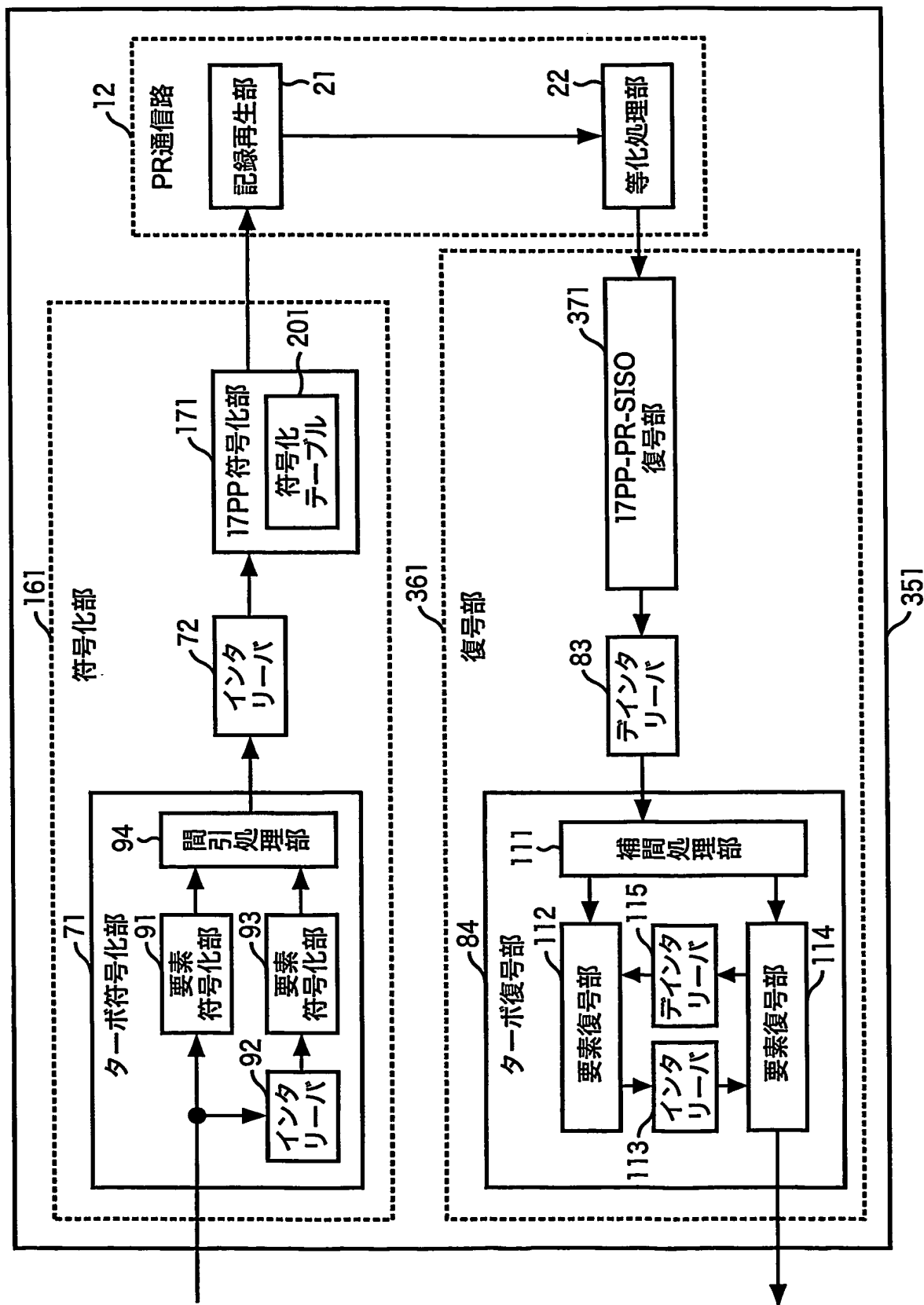


図21



22/30

図 22

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力	現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
(0, 1)	01	(1, 3)	0,2,0	(1, 5)	01	(1, 3)	6,4,0
(0, 1)	10	(0, 4)	0,4,4	(1, 5)	10	(0, 4)	6,6,4
(0, 1)	00	(5, 5)	0,4,6	(1, 5)	00	(5, 5)	6,6,6
(0, 1)	00	(4, 3)	0,2,0	(1, 5)	00	(4, 3)	6,4,0
(0, 1)	11	(3, 5)	0,4,6	(1, 5)	11	(2, 1)	4,0,-2
(0, 1)	11	(10, 4)	0,4,4	(1, 5)	11	(10, 4)	6,6,4
(0, 4)	01	(1, 2)	0,-2,0	(2, 1)	01	(11, 3)	0,2,0
(0, 4)	10	(0, 1)	0,-4,-4	(2, 1)	10	(0, 4)	0,4,4
(0, 4)	00	(5, 0)	0,-4,-6	(2, 1)	00	(5, 5)	0,4,6
(0, 4)	00	(4, 2)	0-2,0	(2, 1)	00	(4, 3)	0,2,0
(0, 4)	11	(3, 0)	0,-4,-6	(2, 1)	11	(3, 5)	0,4,6
(0, 4)	11	(10, 1)	0,-4,-4	(2, 1)	11	(10, 4)	0,4,4
(1, 0)	01	(1, 2)	-6,-4,0	(2, 4)	01	(11, 2)	0,-2,0
(1, 0)	10	(0, 1)	-6,-6,-4	(2, 4)	10	(0, 1)	0,-4,-4
(1, 0)	00	(5, 0)	-6,-6,-6	(2, 4)	00	(5, 0)	0,-4,-6
(1, 0)	00	(4, 2)	-6,-4,0	(2, 4)	00	(4, 2)	0,-2,0
(1, 0)	11	(2, 4)	-4,0,2	(2, 4)	11	(3, 0)	0,-4,-6
(1, 0)	11	(10, 1)	-6,-6,-4	(2, 4)	11	(10, 1)	0,-4,-4
(1, 2)	01	(1, 3)	4,4,0	(3, 0)	01	(11, 2)	-6,-4,0
(1, 2)	10	(0, 4)	4,6,4	(3, 0)	10	(0, 1)	-6,-6,-4
(1, 2)	00	(5, 5)	4,6,6	(3, 0)	00	(5, 0)	-6,-6,-6
(1, 2)	00	(4, 3)	4,4,0	(3, 0)	00	(4, 2)	-6,-4,0
(1, 2)	11	(2, 1)	2,0,-2	(3, 0)	11	(2, 4)	-4,0,2
(1, 2)	11	(10, 4)	4,6,4	(3, 0)	11	(10, 1)	-6,-6,-4
(1, 3)	01	(1, 2)	-4,-4,0	(3, 5)	01	(11, 3)	6,4,0
(1, 3)	10	(0, 1)	-4,-6,-4	(3, 5)	10	(0, 4)	6,6,4
(1, 3)	00	(5, 0)	-4,-6,-6	(3, 5)	00	(5, 5)	6,6,6
(1, 3)	00	(4, 2)	-4,-4,0	(3, 5)	00	(4, 3)	6,4,0
(1, 3)	11	(2, 4)	-2,0,2	(3, 5)	11	(2, 1)	4,0,-2
(1, 3)	11	(10, 1)	-4,-6,-4	(3, 5)	11	(10, 4)	6,6,4

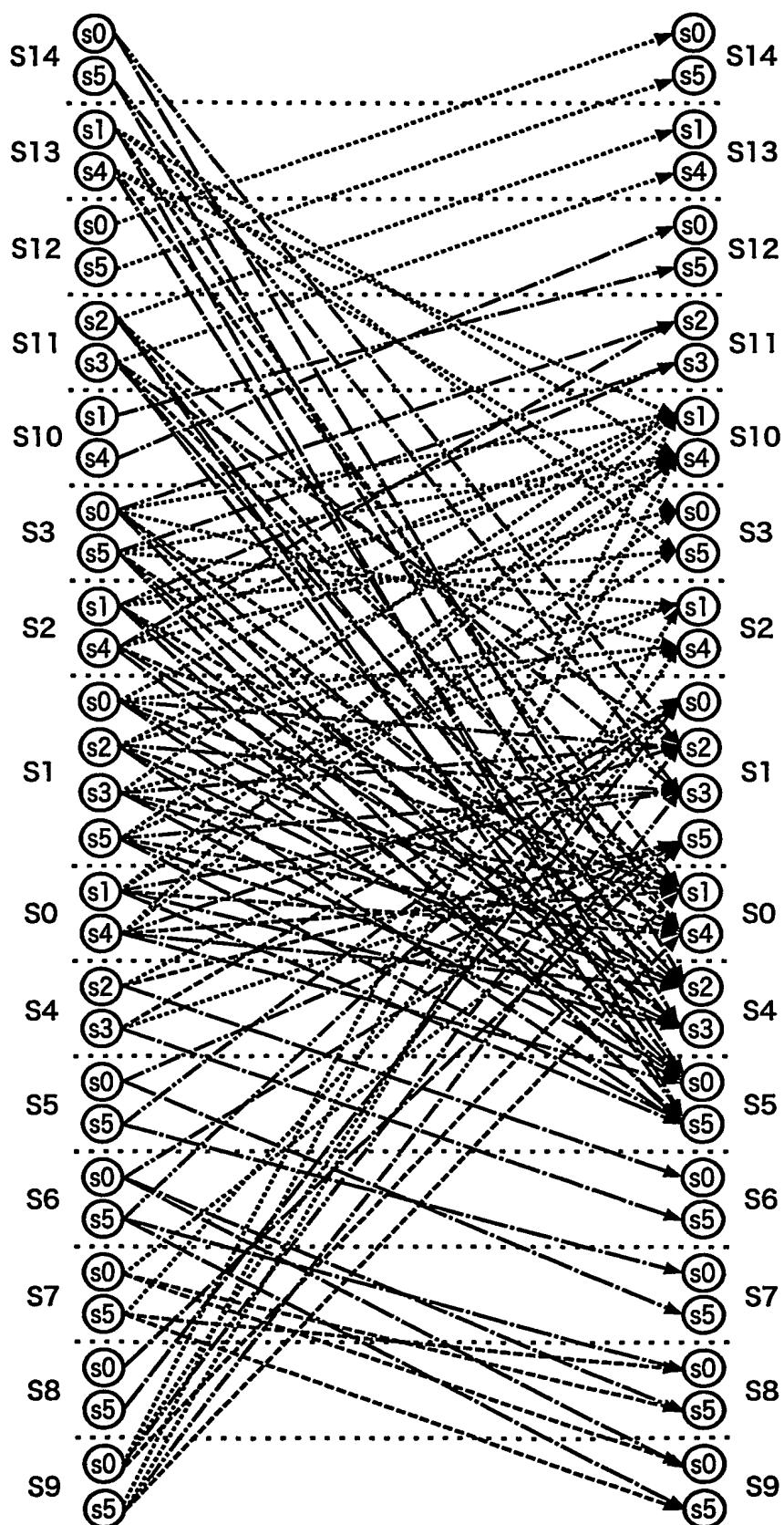


23/30

図 23

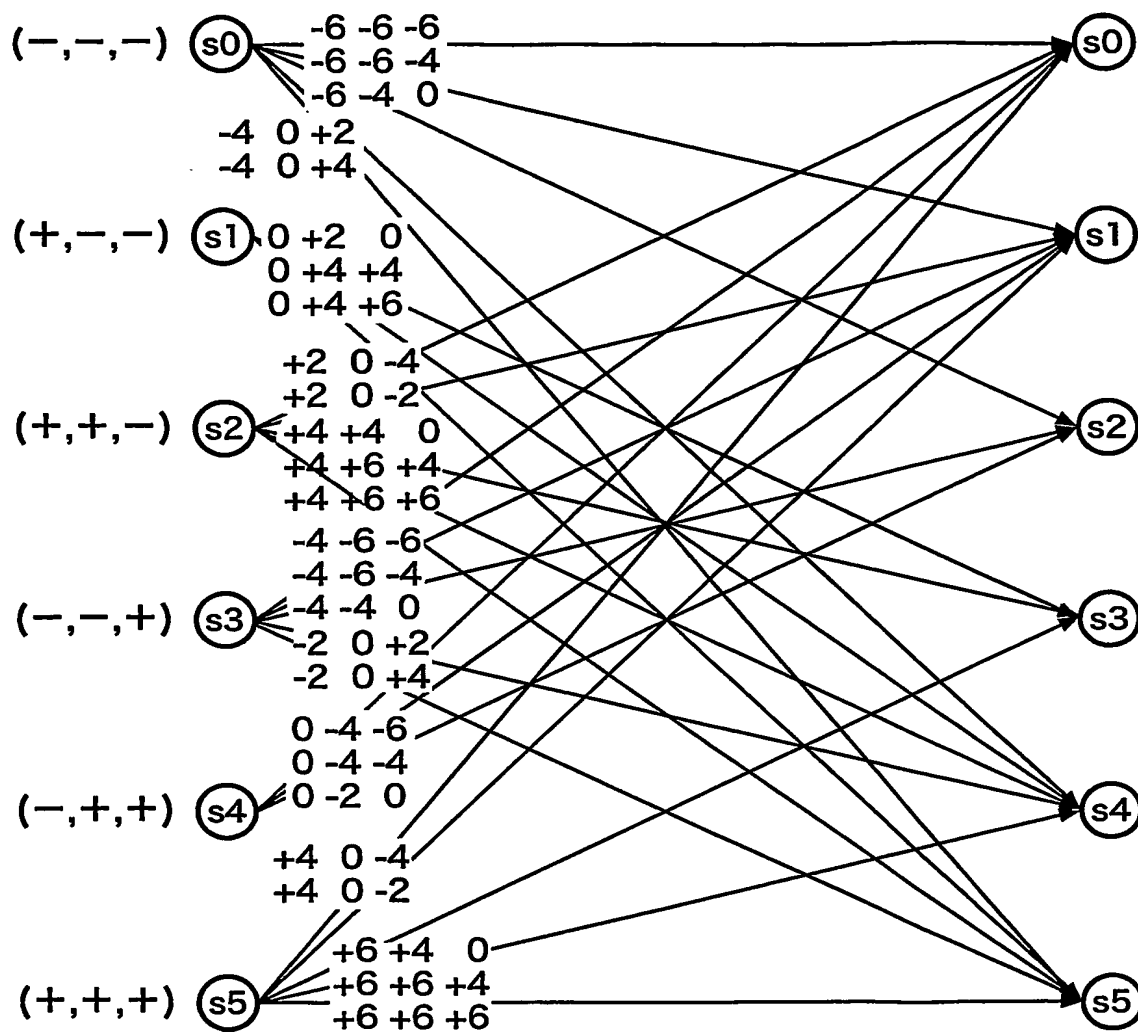
現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力	現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
(4, 2)	00	(6, 0)	2,0,-4	(9, 5)	10	(0, 4)	6,6,4
(4, 2)	10	(1, 5)	4,6,6	(9, 5)	11	(2, 1)	4,0,-2
(4, 2)	11	(1, 0)	2,0,-4	(9, 5)	11	(10, 4)	6,6,4
(4, 3)	00	(6, 5)	-2,0,4	(10, 1)	01	(12, 5)	0,4,6
(4, 3)	10	(1, 0)	-4,-6,-6	(10, 4)	01	(12, 0)	0,-4,-6
(4, 3)	11	(1, 5)	-2,0,4	(11, 2)	01	(1, 3)	4,4,0
(5, 0)	00	(7, 5)	-4,0,4	(11, 2)	10	(0, 4)	4,6,4
(5, 0)	01	(1, 5)	-4,0,4	(11, 2)	11	(13, 1)	2,0,-2
(5, 5)	00	(7, 0)	4,0,-4	(11, 2)	00	(5, 5)	4,6,6
(5, 5)	01	(1, 0)	4,0,-4	(11, 2)	00	(4, 3)	4,4,0
(6, 0)	01	(1, 5)	-4,0,4	(11, 3)	01	(1, 2)	-4,-4,0
(6, 0)	00	(8, 5)	-4,0,4	(11, 3)	10	(0, 1)	-4,-6,-4
(6, 0)	00	(9, 0)	-6,-6,-6	(11, 3)	11	(13, 4)	-2,0,2
(6, 5)	01	(1, 0)	4,0,-4	(11, 3)	00	(5, 0)	-4,-6,-6
(6, 5)	00	(8, 0)	4,0,-4	(11, 3)	00	(4, 2)	-4,-4,0
(6, 5)	00	(9, 5)	6,6,6	(12, 0)	11	(14, 0)	-6,-6,-6
(7, 0)	11	(1, 5)	-4,0,4	(12, 5)	11	(14, 5)	6,6,6
(7, 0)	10	(8, 5)	-4,0,4	(13, 1)	10	(0, 4)	0,4,4
(7, 0)	10	(9, 0)	-6,-6,-6	(13, 1)	00	(5, 5)	0,4,6
(7, 5)	11	(1, 0)	4,0,-4	(13, 1)	11	(3, 5)	0,4,6
(7, 5)	10	(8, 0)	4,0,-4	(13, 1)	11	(10, 4)	0,4,4
(7, 5)	10	(9, 5)	6,6,6	(13, 4)	10	(0, 1)	0,-4,-4
(8, 0)	00	(1, 5)	-4,0,4	(13, 4)	00	(5, 0)	0,-4,-6
(8, 5)	00	(1, 0)	4,0,-4	(13, 4)	11	(3, 0)	0,-4,-6
(9, 0)	01	(1, 2)	-6,-4,0	(13, 4)	11	(10, 1)	0,-4,-4
(9, 0)	10	(0, 1)	-6,-6,-4	(14, 0)	01	(1, 2)	-6,-4,0
(9, 0)	11	(2, 4)	-4,0,2	(14, 0)	00	(4, 2)	-6,-4,0
(9, 0)	11	(10, 1)	-6,-6,-4	(14, 5)	01	(1, 3)	6,4,0
(9, 5)	01	(1, 3)	6,4,0	(14, 5)	00	(4, 3)	6,4,0

図 24



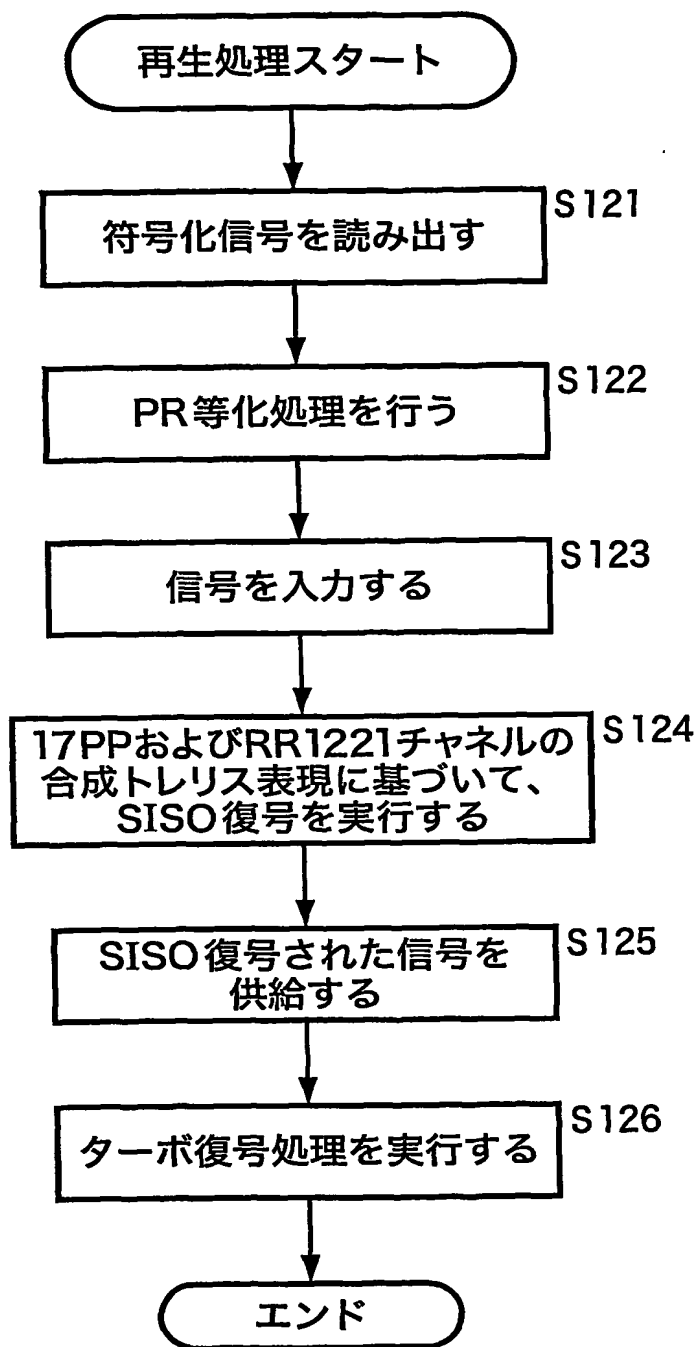
25/30

図 25



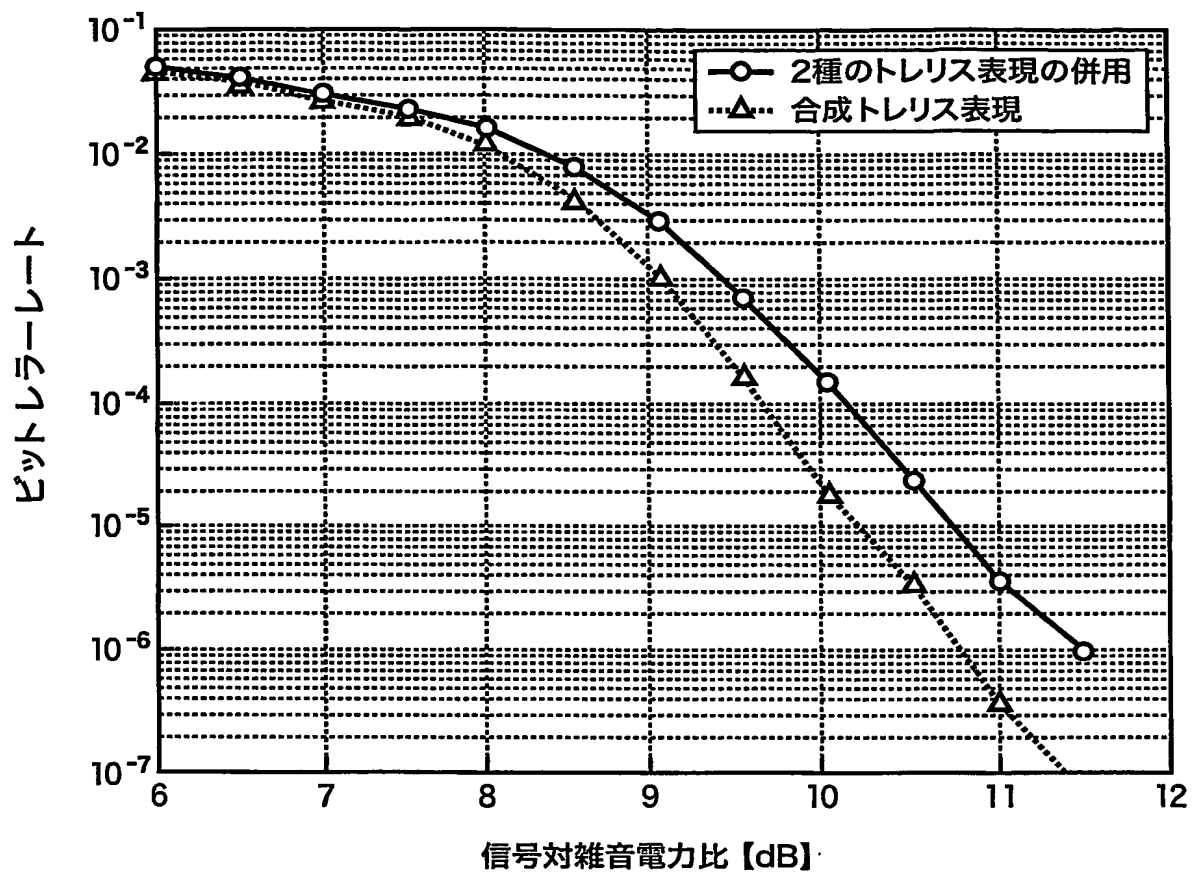
26/30

図 26



27/30

図 27



28/30

図 28

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力	現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
(0, 1)	01	(1, 0)	2,2,-2	(3, 0)	01	(11, 3)	-4,-2,2
(0, 1)	10	(0, 2)	2,4,2	(3, 0)	10	(0, 1)	-4,-4,-2
(0, 1)	00	(5, 3)	2,4,4	(3, 0)	00	(5, 0)	-4,-4,-4
(0, 1)	00	(4, 0)	2,2,-2	(3, 0)	00	(4, 3)	-4,-2,2
(0, 1)	11	(3, 3)	2,4,4	(3, 0)	11	(2, 2)	-2,2,2
(0, 1)	11	(10, 2)	2,4,2	(3, 0)	11	(10, 1)	-4,-4,-2
(0, 2)	01	(1, 3)	-2,-2,2	(3, 3)	01	(11, 0)	4,2,-2
(0, 2)	10	(0, 1)	-2,-4,-2	(3, 3)	10	(0, 2)	4,4,2
(0, 2)	00	(5, 0)	-2,-4,-4	(3, 3)	00	(5, 3)	4,4,4
(0, 2)	00	(4, 3)	-2,-2,2	(3, 3)	00	(4, 0)	4,2,-2
(0, 2)	11	(3, 0)	-2,-4,-4	(3, 3)	11	(2, 1)	2,-2,-2
(0, 2)	11	(10, 1)	-2,-4,-2	(3, 3)	11	(10, 2)	4,4,2
(1, 0)	01	(1, 3)	-4,-2,2	(4, 0)	00	(6, 3)	-2,2,4
(1, 0)	10	(0, 1)	-4,-4,-2	(4, 0)	10	(1, 0)	-4,-4,-4
(1, 0)	00	(5, 0)	-4,-4,-4	(4, 0)	11	(1, 3)	-2,2,4
(1, 0)	00	(4, 3)	-4,-2,2	(4, 3)	00	(6, 0)	2,-2,-4
(1, 0)	11	(2, 2)	-2,2,2	(4, 3)	10	(1, 3)	4,4,4
(1, 0)	11	(10, 1)	-4,-4,-2	(4, 3)	11	(1, 0)	2,-2,-4
(1, 3)	01	(1, 0)	4,2,-2	(5, 0)	00	(7, 3)	-2,2,4
(1, 3)	10	(0, 2)	4,4,2	(5, 0)	01	(1, 3)	-2,2,4
(1, 3)	00	(5, 3)	4,4,4	(5, 3)	00	(7, 0)	2,-2,-4
(1, 3)	00	(4, 0)	4,2,-2	(5, 3)	01	(1, 0)	2,-2,-4
(1, 3)	11	(2, 1)	2,-2,-2	(6, 0)	01	(1, 3)	-2,2,4
(1, 3)	11	(10, 2)	4,4,2	(6, 0)	00	(8, 3)	-2,2,4
(2, 1)	01	(11, 0)	2,2,-2	(6, 0)	00	(9, 0)	-4,-4,-4
(2, 1)	10	(0, 2)	2,4,2	(6, 3)	01	(1, 0)	2,-2,-4
(2, 1)	00	(5, 3)	2,4,4	(6, 3)	00	(8, 0)	2,-2,-4
(2, 1)	00	(4, 0)	2,2,-2	(6, 3)	00	(9, 3)	4,4,4
(2, 1)	11	(3, 3)	2,4,4	(7, 0)	11	(1, 3)	-2,2,4
(2, 1)	11	(10, 2)	2,4,2	(7, 0)	10	(8, 3)	-2,2,4
(2, 2)	01	(11, 3)	-2,-2,2	(7, 0)	10	(9, 0)	-4,-4,-4
(2, 2)	10	(0, 1)	-2,-4,-2	(7, 3)	11	(1, 0)	2,-2,-4
(2, 2)	00	(5, 0)	-2,-4,-4	(7, 3)	10	(8, 0)	2,-2,-4
(2, 2)	00	(4, 3)	-2,-2,2	(7, 3)	10	(9, 3)	4,4,4
(2, 2)	11	(3, 0)	-2,-4,-4	(8, 0)	00	(1, 3)	-2,2,4
(2, 2)	11	(10, 1)	-2,-4,-2	(8, 3)	00	(1, 0)	2,-2,-4

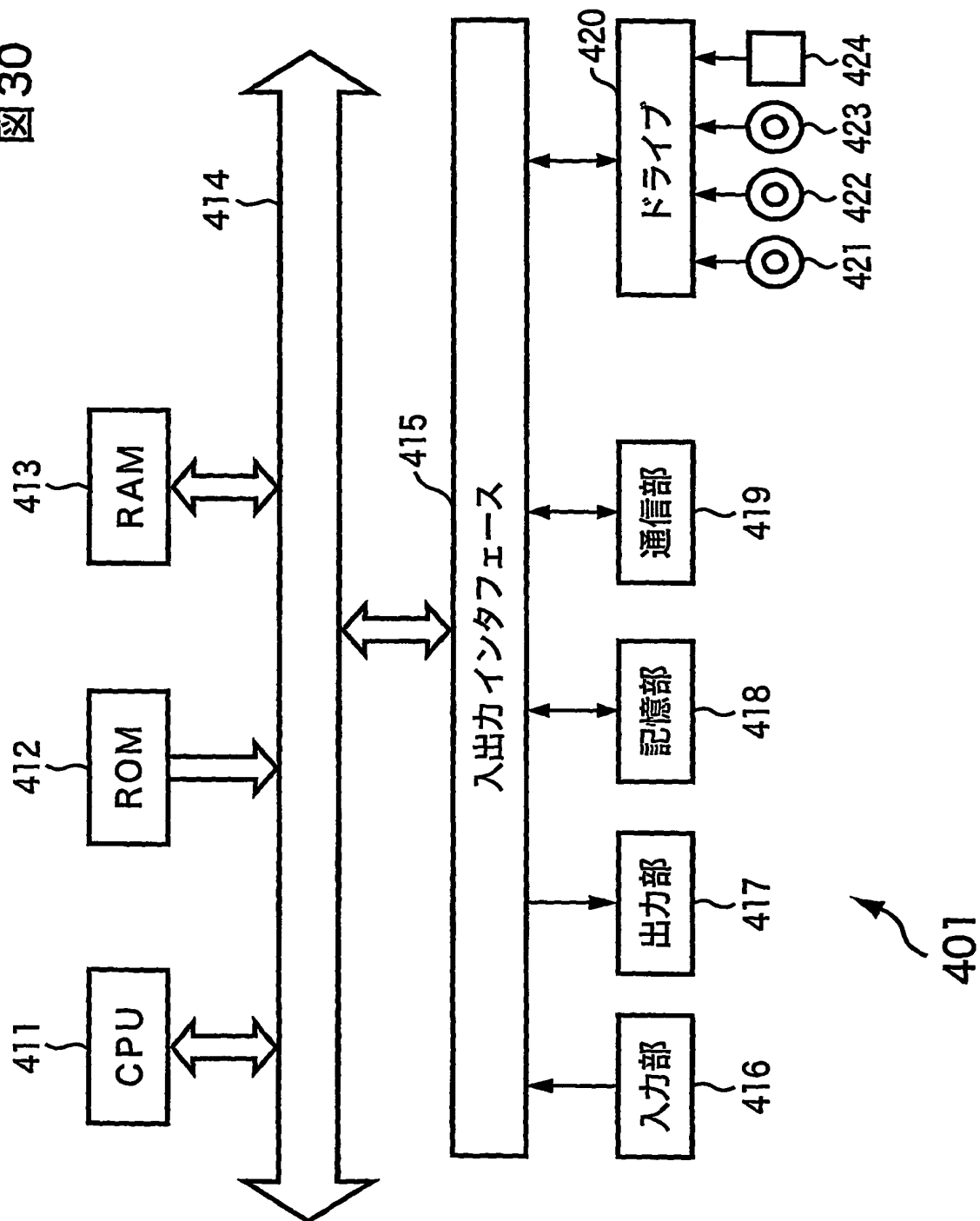
29/30

図 29

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
(9, 0)	01	(1, 3)	-4,-2,2
(9, 0)	10	(0, 1)	-4,-4,-2
(9, 0)	11	(2, 2)	-2,2,2
(9, 0)	11	(10, 1)	-4,-4,-2
(9, 3)	01	(1, 0)	4,2,-2
(9, 3)	10	(0, 2)	4,4,2
(9, 3)	11	(2, 1)	2,-2,-2
(9, 3)	11	(10, 2)	4,4,2
(10, 1)	01	(12, 3)	2,4,4
(10, 2)	01	(12, 0)	-2,-4,-4
(11, 0)	01	(1, 3)	-4,-2,2
(11, 0)	10	(0, 1)	-4,-4,-2
(11, 0)	11	(13, 2)	-2,2,2
(11, 0)	00	(5, 0)	-4,-4,-4
(11, 0)	00	(4, 3)	-4,-2,2
(11, 3)	01	(1, 0)	4,2,-2
(11, 3)	10	(0, 2)	4,4,2
(11, 3)	11	(13, 1)	2,-2,-2
(11, 3)	00	(5, 3)	4,4,4
(11, 3)	00	(4, 0)	4,2,-2
(12, 0)	11	(14, 0)	-4,-4,-4
(12, 3)	11	(14, 3)	4,4,4
(13, 1)	10	(0, 2)	2,4,2
(13, 1)	00	(5, 3)	2,4,4
(13, 1)	11	(3, 3)	2,4,4
(13, 1)	11	(10, 2)	2,4,2
(13, 2)	10	(0, 1)	-2,-4,-2
(13, 2)	00	(5, 0)	-2,-4,-4
(13, 2)	11	(3, 0)	-2,-4,-4
(13, 2)	11	(10, 1)	-2,-4,-2
(14, 0)	01	(1, 3)	-4,-2,2
(14, 0)	00	(4, 3)	-4,-2,2
(14, 3)	01	(1, 0)	4,2,-2
(14, 3)	00	(4, 0)	4,2,-2

30/30

図 30





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009877

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H03M13/41, G11B20/14, 20/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H03M13/00-13/53, 7/00-7/50, G11B20/14, 20/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2001-266498 A (Sony Corp.), 28 September, 2001 (28.09.01), Par. Nos. [0089] to [0129]; Figs. 3 to 7 & EP 1137001 A1 & US 2001-48564 A1 & CN 1317793 A	1-7, 9-11 8
Y A	JP 2000-68847 A (Sony Corp.), 03 March, 2000 (03.03.00), Par. Nos. [0020] to [0032] (Family: none)	1-7, 9-11 8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
24 September, 2004 (24.09.04)

Date of mailing of the international search report  
12 October, 2004 (12.10.04)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/009877

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-266501 A (Sony Corp.), 28 September, 2001 (28.09.01), Par. Nos. [0110] to [0172]; Figs. 7 to 12 & EP 1137002 A1 & US 2001-52098 A1	1-11
A	JP 2001-266500 A (Sony Corp.), 28 September, 2001 (28.09.01), Par. Nos. [0093] to [0146]; Figs. 3 to 8 & EP 1137006 A2 & EP 1137006 A3 & US 2001-50889 A1	1-11
A	JP 2001-266499 A (Sony Corp.), 28 September, 2001 (28.09.01), Par. Nos. [0108] to [0165]; Figs. 5 to 10 & EP 1143440 A2 & US 2002-57640 A1	1-11
A	JP 8-167251 A (Seiko Epson Corp.), 25 June, 1996 (25.06.96), Full text; all drawings & EP 707313 A2 & US 5563864 A1 & CN 1130792 A & HK 1014291 A	8

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03M13/41, G11B20/14, 20/18

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H03M13/00-13/53, 7/00-7/50,  
G11B20/14, 20/18

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-266498 A (ソニー株式会社) 2001.09.28, 【0089】-【0129】, 及び, 図3-7 & EP 1137001 A1 & US 2001-48564 A1 & CN 1317793 A	1-7, 9-11
A		8
Y	JP 2000-68847 A (ソニー株式会社) 2000.03.03, 【0020】-【0032】 (ファミリーなし)	1-7, 9-11
A		8

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.09.2004

国際調査報告の発送日

12.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

田中 庸介

5K

8529

電話番号 03-3581-1101 内線 3555

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-266501 A (ソニー株式会社) 2001. 09. 28, 【0110】 - 【0172】, 及び, 図7-12 & EP 1137002 A1 & US 2001-52098 A1	1-11
A	JP 2001-266500 A (ソニー株式会社) 2001. 09. 28, 【0093】 - 【0146】, 及び, 図3-8 & EP 1137006 A2 & EP 1137006 A3 & US 2001-50889 A1	1-11
A	JP 2001-266499 A (ソニー株式会社) 2001. 09. 28, 【0108】 - 【0165】, 及び, 図5-10 & EP 1143440 A2 & US 2002-57640 A1	1-11
A	JP 8-167251 A (セイコーエプソン株式会社) 199 6. 06. 25, 全文, 全図 & EP 707313 A2 & US 5563864 A1 & CN 1130792 A & HK 1014291 A	8